



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTO DE
COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO 3

MEMORIA

Claudia Álvarez de Eulate Zayas

Miguel Ángel Arizcuren Galar

Índice

1 INTRODUCCIÓN	5
2 ANTECEDENTES	7
2.1. Motostudent	7
2.1.1 La competición	7
2.1.2 Fases de la competición	7
2.1.3 El equipo	11
3 DATOS DE PARTIDA	12
3.1. Reglamento técnico.....	12
3.1.1. La motocicleta.....	12
3.1.2. Requerimientos generales de diseño.....	12
3.1.3. Bastidor y basculante	14
3.1.4. Suspensiones	14
3.1.5. Dirección.....	14
3.1.6. Sistema de frenos	14
3.1.7. Etriberas	15
3.1.8. Manillar.....	15
3.1.9. Llantas y neumáticos	15
3.1.10. Protecciones para caídas	16
3.1.11. Carenados.....	16
3.1.12. Motor	16
3.1.13. Sistema de alimentación de combustible	17
3.1.14. Sistema de refrigeración	18
3.1.15. Instalación eléctrica	18
3.1.16. Sistemas electrónicos.....	18
3.1.17. Sistemas de adquisición de datos.....	18
3.1.18. Procedimiento de verificaciones técnicas	19
3.2. Componentes aportados por la Organización	20
4 PROVEEDORES Y FABRICACIÓN.....	21
5 MEDIOS DE FABRICACIÓN.....	24
5.1. Soldadura	24
5.1.1. Soldadura eléctrica.....	24
5.1.2. Soldadura de gas (habitualmente Oxígeno y Acetileno)	27

5.1.3. Otros procesos.....	28
5.2. Mecanizado	28
5.3. Prototipado rápido.....	28
5.3.1 Estereolitografía SLA	29
5.3.2. Modelado por deposición fundida	30
5.3.3. Sinterización Láser	30
5.3.4. Aplicaciones en motociclismo	30
6 MATERIALES	33
6.1 Propiedades	34
6.2 Esfuerzos físicos a los que pueden someterse los materiales	35
6.3 Criterios para la elección adecuada de materiales	35
6.4 Elección del material	36
6.4.1. Aceros Reynolds	39
6.4.2. AISI 4130.....	43
6.4.3. 15 CVD6.....	44
6.5. Elección del material	44
7 FABRICACIÓN CHASIS	46
7.1 Tipos de chasis.....	46
7.1.2. Solución adoptada para el tipo de chasis	48
7.2 Dimensionado de los tubos	48
7.2.1. Solución adoptada para el dimensionado de tubo.....	50
7.3. Material chasis	50
7.4. Secuencia de fabricación del chasis.....	50
7.5. Soldadura chasis	53
7.5.1. Secuencia de soldadura.....	53
8 FABRICACIÓN DEL BASCULANTE	55
8.1. Tipos de suspensión trasera	55
8.2. Tipo de basculante	56
8.2.1. Solución adoptada.....	58
8.3. Dimensión de los tubos y material del basculante.....	58
8.4. Secuencia de fabricación del basculante.....	58
8.5. Soldadura basculante	60
8.5.1. Secuenciación soldadura basculante	60
9 FABRICACIÓN DEL AIRBOX	61
9.1. Fabricación en fibra de vidrio	61

9.2. Fabricación del airbox	64
10 FABRICACIÓN DE DIVERSAS PIEZAS	67
10.1. Ejes y casquillos.....	67
10.2. Tijas	68
10.3. Tapa rodamiento dirección	68
10.4. Rocker y Link	69
10.5. U regulador altura amortiguador.....	69
10.6. Semi ejes dirección	70
10.7. Soporte pinza freno trasero y delantero	70
10.8. Depósito de gasolina.....	70
11 CARENADO	71
11.1. Fabricación del colín.....	71
11.2. Carenado base	72
11.3. Fabricación tapa depósito de gasolina	73
11.4. Puesta a punto	73
12 MONTAJE PROTOTIPO	74
12.1 Evolución maqueta 3D.....	78
12.2 Evolución de la fabricación en fotografías	79
12.3. Verificaciones del prototipo.....	81
13 PLANOS DE FABRICACIÓN	83
13.1. Tolerancias y ajustes de fabricación	83
13.1.1. Consideraciones generales	83
13.1.2 Tolerancias Dimensionales	84
13.1.3. Tipo de ajustes	86
13.1.4. Criterios	88
13.1.5. Tolerancia Geométrica.....	89
14 PRESUPUESTO	91
15 CONCLUSIONES	95
16 BIBLIOGRAFIA	97

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del Proyecto Fin de Carrera es la fabricación de un prototipo de motocicleta de competición de pequeña cilindrada (250cc 4T). Dicho proyecto será de utilidad para la posterior fabricación de la motocicleta. Mediante un exhaustivo análisis y evaluación a través de pruebas estáticas y dinámicas, tanto en circuito como en taller, se efectuarán las oportunas variaciones en los distintos parámetros del prototipo, como ángulos, longitudes... Así pues, se obtendrá como resultado el prototipo que se pretende industrializar.

Este proyecto está basado en la competición Motostudent, promovida por la fundación Moto Engineering Foundation (MEF). De hecho, es un desafío entre equipos universitarios de distintas universidades españolas, europeas y del resto del mundo. La competición consiste en fabricar un prototipo bajo unos condicionantes técnicos y económicos dados, donde, en un periodo de 3 semestres, deberemos demostrar la capacidad de creación e innovación y la habilidad de aplicar directamente nuestras capacidades como ingenieros.

Las motos serán juzgadas en unas series de eventos, tanto estáticos como dinámicos, que incluyen exposiciones orales y de “stand”, así como inspecciones técnicas, demostraciones dinámicas...

En cuanto a la evaluación y puntuación de los proyectos, la competición tendrá un proceso de selección por fases.

Dicho proyecto partirá de los proyectos realizados por otros componentes del equipo de Motostudent, ya que en ellos se diseñarán los elementos para poder construir la moto. Se plasmarán tales diseños en elementos reales fabricados de forma óptima, teniendo en cuenta los medios que se disponen y del presupuesto que se obtenga. Con el fin de reducir el coste al máximo, como ya en la primera edición otro equipo de la Upna tomó parte en esta competición, se sopesará la opción de reutilizar ciertas piezas o elementos que debamos fabricar (sobre todo piezas auxiliares). Además, cada uno de los procesos llevados a cabo deberá ajustarse a los requisitos que exige el reglamento técnico establecido por Motostudent.

El proyecto deberá abarcar aspectos tales como el aprovisionamiento de los materiales necesarios para la fabricación de los diversos componentes de la motocicleta: chasis, carenado, basculante, piecerío auxiliar, subchasis... Habrá que ver qué proceso de fabricación es factible y de las posibles opciones, escoger la que mejor se amolde a nuestras necesidades, tanto físicas como económicas.

El primer paso que habrá que llevar a cabo para iniciar la elaboración de este PFC, consiste en el estudio detallado y perfecta comprensión de todo el reglamento de la competición Motostudent, tanto del reglamento técnico como del reglamento deportivo. En caso de incumplir el reglamento, el equipo se verá descalificado inmediatamente. Por eso, se pretende conocer cuáles son las limitaciones, restricciones y requisitos impuestos por la organización. Además de esto, se estudiará detenidamente qué elementos son

proporcionados por la Organización, cuáles van a ser realmente diseñados y fabricadas, y las que van a ser comprados.

Una vez que los compañeros acaben sus respectivos proyectos, se comenzará por la evaluación de los diseños realizados. Habrá que analizar detenidamente las posibles opciones a la hora de elegir materiales, obteniendo como resultado un material adecuado y económicamente viable. Además de esto, el material deberá ser el correcto para el proceso de fabricación que se realice, es decir, que deberá ser compatible con el proceso que se va a utilizar para fabricar los diferentes elementos.

Así mismo, habrá que diseñar los utillajes para la fabricación. Estos deberán posibilitar el trabajo del operario.

En el momento en el que todo esto esté perfectamente definido se procederá a la fabricación del prototipo. Para ello, hay que realizar los planos correspondientes a los mecanizados, soldaduras, cortes de tubos... que deberán estar perfectamente definidos y claros con el objeto de facilitar el trabajo al operario y así evitar errores.

2 ANTECEDENTES

Este proyecto surge como consecuencia del diseño de los demás proyectos, que a su vez, constituyen la moto de competición de categoría Moto 3.

A continuación se va a explicar el origen de este proyecto, para permitir una mejor comprensión del marco en el que se desarrolla.

2.1. Motostudent

2.1.1 La competición

La competición Motostudent, promovida por la fundación Moto Engineering Foundation, es un desafío entre equipos universitarios de distintas universidades españolas, europeas y del resto del mundo.

Consiste en diseñar y desarrollar un prototipo de moto de competición de pequeña cilindrada 250cc y 4 tiempos, que competirán con su evaluación pertinente, en unas jornadas que se llevarán a cabo inicialmente en las instalaciones de la Ciudad del Motor de Aragón. Para el propósito de esta competición, el equipo universitario debe considerarse integrado en una empresa fabricante de motos de competición, para desarrollar y fabricar un prototipo bajo unos condicionantes técnicos y económicos dados. La competición en sí misma es un reto para los estudiantes, donde estos, en un periodo de tiempo de tres semestres, han de demostrar y probar su capacidad de creación, de innovación y la habilidad de aplicar directamente sus capacidades como ingenieros para compararlas con las de los otros equipos de universidades que participen en este desafío.

2.1.2 Fases de la competición

La competición tiene una duración de 18 meses, en los que debemos plantear el escenario real de un equipo de motociclismo de competición. Una vez conformados los equipos, se debe buscar apoyo externo, como patrocinadores capaces de aportar la financiación necesaria y/o equipos, componentes, apoyo técnico, asesoría, etc.

Una vez obtenido el importe mínimo necesario para participar en la competición, y tras justificar dicho soporte económico ante la Organización, se pasa a la fase de diseño. Nuestra tarea es diseñar completamente la moto de competición, ciñéndonos a un reglamento técnico y organizativo, cumpliendo los plazos fijados y ajustándonos a los recursos aportados por los patrocinadores, colaboradores y la Universidad. Paralelamente al diseño de los componentes, se deberán desarrollar distintos mecanismos para realizar la construcción de los componentes, así como para la compra de otros elementos necesarios.

Con objeto de que la competición tenga realmente un carácter industrial se establecen unas fechas límite para una serie de actuaciones previas a las jornadas de competición:

CALENDARIO	2011												2012											
	M	A	M	J	J	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O					
Inscripciones																								
Justificación sponsors																								
Cierre de diseño																								
Semana de pruebas																								

- **Presentación de justificación de sponsors:** En la que los equipos participantes deben justificar de forma clara qué empresas e instituciones sufragan la construcción del prototipo. Se formalizará a través del formulario en la página web de la Organización y esta justificación debe presentarse antes del 1 de Octubre del 2011. Tras realizar esta los equipos recibirán los componentes reglamentarios en los siguientes dos meses.
- **Presentación de diseño cerrado:** Antes del 31 de Mayo del 2012 los equipos participantes presentarán a la organización información gráfica de detalle del chasis y basculante o equivalente con cotas principales que será guardada por la Organización. Esta documentación solo será analizada por los jurados en las jornadas de competición y validarán que el prototipo presentado responde a esa información gráfica.

Para que las motos y proyectos entren en competición o concurso deberán cumplir los requisitos previos de resistencia, seguridad y funcionamiento indicados en el reglamento técnico.

Los equipos que superen estos requisitos competirán en la fase MS1, en el cual se evaluará el proyecto bajo el punto de vista industrial con especial atención a aspectos estéticos, técnicos y económicos.

Las motos que superen estas pruebas participarán en la fase de pruebas dinámicas denominada MS2

Para la valoración final se desarrollará una carrera en la que los participantes serán pilotos federados de copas de promoción, seleccionados por los equipos participantes y aprobados por la organización.



La fase MS1 es una fase demostrativa en la que los equipos participantes deberán mostrar y explicar el prototipo realizado y el proyecto de industrialización del citado prototipo.

Demostración del prototipo

Los grupos presentarán un prototipo para que sea revisado por los inspectores conforme los aspectos dimensionales y de seguridad que indica el reglamento técnico.

Además podrán disponer de los elementos de recambio que consideren oportunos. Estos recambios deberán ser presentados a la organización simultáneamente con el prototipo para su verificación, validación y sellado.

Por otra parte realizará una mínima prueba de funcionamiento en parque cerrado. La prueba consistirá en una prueba de arranque y parada y de maniobrabilidad a derechas e izquierdas entre 10 conos situados a 3 m de distancia. También

presentarán en el stand preparado por la Organización los paneles informativos que consideren convenientes.

Presentación del proyecto industrial

El proyecto se desarrollará sobre los siguientes condicionantes: moto de circuito con una serie anual de 500 unidades y un costo de fabricación máximo de 4500€. En este concepto se contemplan los componentes, amortización de utillajes en 5 años, mano de obra directa, repercusión, infraestructura de empresa y gastos financieros. Esta moto de serie será derivada de la moto prototipo con las mínimas diferencias exigidas por el proceso de fabricación en la serie y por las adaptaciones a los componentes de la serie que no deben por qué ser los mismos que en la moto prototipo.

El proyecto constará de cuatro apartados independientes, con las siguientes puntuaciones máximas:

- A- Diseño del vehículo (150 puntos).
- B- Análisis y cálculos técnicos (175 puntos).
- C- Definición del sistema de fabricación e industrialización (175 puntos).
- D- Análisis de costos del Desarrollo del prototipo y del Proceso industrial de fabricación de la serie (100 puntos).

Se otorgarán premios a:

- Al mejor proyecto industrial (Todas las fases) = 6000€y trofeo

Dos accésits de 3000€a:

- Mejor Diseño.
- Mejor innovación tecnológica.

La fase MS2 es una fase de validación experimental en la que las motos prototipo de los equipos participantes que hayan superado la Fase MS.1 deberán demostrar su calidad de actuación superando distintas pruebas en banco y en circuito.

Pruebas de seguridad en banco

Estas pruebas pretenden ser una garantía de robustez, fiabilidad y seguridad ante las pruebas en circuito.

Así las motos deberán superar las siguientes pruebas:

- Prueba de resistencia de chasis según especificaciones de reglamento técnico
- Prueba de frenada en banco de rodillos según especificaciones del reglamento técnico.
- Prueba de ruidos

La sistemática de presentación y prueba de las motos se realizara mediante un proceso de verificación que se dará a conocer a los equipos con suficiente antelación.

Fase MS2 (Pruebas dinámicas)

- Evaluación de prestaciones mínimas

Los equipos que hayan superado las pruebas de seguridad realizarán en pista una prueba de mínimas prestaciones. Para ello, la organización facilitará a los equipos 2 tandas de 40 minutos durante la prueba de evaluación de prestaciones.

Las motos, para ser consideradas aptas para la carrera, deberán realizar un mínimo de 7 vueltas seguidas a un promedio no inferior a 120 Km/h.

- Carrera

Las motos que hayan superado la prueba anterior participarán en una carrera de velocidad en circuito. De hecho, la parrilla se establecerá según la clasificación obtenida según los requisitos mínimos de promedio de las 7 vueltas seguidas, realizadas en las tandas de evaluación.

- Premios

Se otorgarán premios a las tres primeras motos clasificadas:

Al equipo de la primera moto clasificada= 6000 €y trofeo.

Al equipo clasificado en segundo lugar= 3000€y trofeo.

Al tercer equipo clasificado= 1500€y trofeo.

2.1.3 El equipo

El equipo denominado UpNa Racing, que representa a la UPNA, se constituyó con 7 estudiantes de esta misma Universidad de las titulaciones de Ingeniería Industrial (II) e Ingeniería Técnica Industrial en especialidad Mecánica (ITIM).

Nombre	Titulación	Curso	Proyecto
Carlos Reoyo	II	5º	Gestión de la maqueta electrónica
Sergio Galbarra	ITI	3º	Gestión del proyecto
David Sotés	ITI	3º	Industrialización
Marian Ruiz	II	5º	Diseño de bastidor
Javier Torres	ITI	3º	Diseño de suspensiones
Gerardo Herce	ITI	3º	Carrocería, airbox, refrigeración y escape
Claudia Álvarez de Eulate	II	5º	Fabricación del prototipo

Además el equipo se encuentra dirigido por los profesores de la UPNA:

- Miguel Ángel Arizcuren
- Cesar Díaz de Cerio

Como antes ya he mencionado, el equipo ha sido inscrito en la competición con el nombre de UpNa Racing.

3 DATOS DE PARTIDA

A continuación se van a describir los datos de los que se disponen para tener en cuenta a la hora de fabricar un prototipo de motocicleta de competición de pequeña cilindrada. Todo ello está relacionado con las pautas establecidas por la Organización, ya que es ella la que dispone las especificaciones de partida para el diseño de todas las motos que van a participar en la competición. Así pues, establecerán las limitaciones y restricciones, al igual que la libertad que poseemos cada equipo para que la moto sea validado y pueda competir en el evento.

3.1. Reglamento técnico

La Organización ha establecido un reglamento técnico que contiene la normativa técnica reguladora de la competición. Su principal objetivo consiste en estandarizar y acotar el amplio abanico de posibilidades de construcción de un prototipo. De este modo, todos los proyectos presentados por las diferentes universidades inscritas en la competición se ajustarán a una línea de trabajo orientativa y común, posibilitando una competencia objetiva entre los participantes.

3.1.1. La motocicleta

El objetivo de la competición es un vehículo de dos ruedas a motor de combustión interna. Dicho vehículo será concebido para el pilotaje de un solo ocupante.

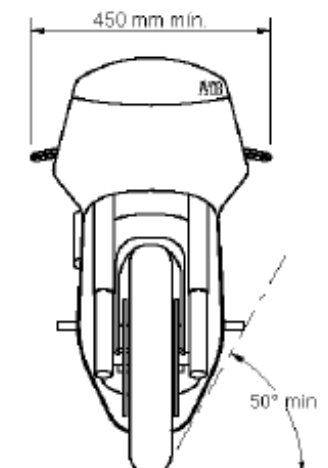
La motocicleta deberá ser un prototipo diseñado y construido para la competición de carreras de velocidad.

3.1.2. Requerimientos generales de diseño

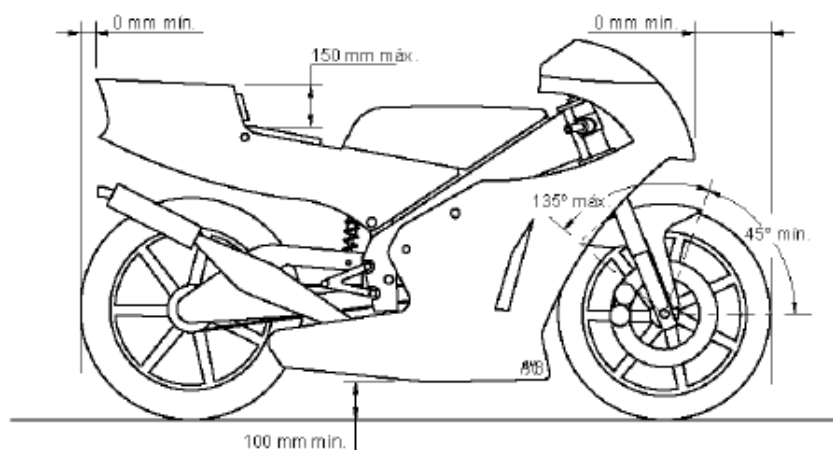
3.1.2.1. Dimensiones

Las dimensiones de la motocicleta son libres exceptuando algunos requisitos básicos:

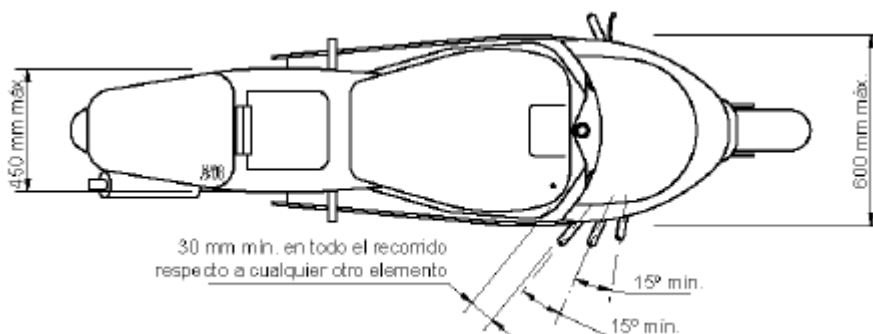
- Anchura mínima entre los extremos de los semimanillares (o manillar) ha de ser de 450 mm.
- El ángulo mínimo de inclinación lateral de la motocicleta sin que ningún elemento de la misma (exceptuando los neumáticos) toque el pavimento debe ser 50°. Dicha medición se realiza con la motocicleta descargada (sin piloto), pero con todo el equipamiento y líquidos para su funcionamiento.



- La distancia libre al pavimento con la motocicleta en posición vertical ha de ser de un mínimo de 100 mm en cualquier situación de compresión de suspensiones y reglajes de geometrías
- Límite posterior: ningún elemento de la motocicleta podrá rebasar la línea tangente vertical trazada a la circunferencia exterior del neumático trasero



- Los neumáticos deberán tener una tolerancia mínima de 15 mm con cualquier elemento de la motocicleta en toda posición de la misma y reglaje de geometría
- La anchura máxima del asiento debe ser de 450 mm. No podrá sobresalir de esa anchura ningún otro elemento de la motocicleta del asiento hacia atrás excepto el sistema de escape.



3.1.2.2. Pesos

El peso mínimo del conjunto de la motocicleta en orden de marcha incluido depósito, gasolina y líquidos no deberá ser inferior a 95 kg en cualquier momento de las pruebas. El peso se podrá verificar tanto al inicio, durante y final de la competición. Por lo que está permitido lastrar el vehículo para alcanzar el peso mínimo.

3.1.3. Bastidor y basculante

El diseño, el proceso y el material utilizado para la fabricación del bastidor y basculante es libre excepto en las siguientes consideraciones:

- No está permitido fabricar el chasis en titanio ni aleaciones de titanio
- El bastidor definitivo a presentar en la competición deberá haber superado el proceso de homologación por parte de la Organización
- No se permite el uso de uno comercial ni tan siquiera una unidad modificada, sino que deberá tratarse de un prototipo de fabricación propia.

Además, los ejes de rotación del basculante no pueden ser fabricados de compuestos de fibra y es obligatorio el uso de un protector de cadena que impida la interferencia entre el cuerpo del piloto y el punto de engrane cadena- corona en la rueda trasera.

3.1.4. Suspensiones

En el caso de un diseño de suspensión en base a tipo de horquilla, se deberá utilizar la proporcionada por la Organización... Así mismo, en la composición de la suspensión trasera se deberá utilizar el amortiguador proporcionado por la Organización. Tanto la horquilla como el amortiguador proporcionados no pueden ser modificados estructuralmente, pero está permitido el reglaje de la horquilla en cuanto a cambio de muelles y fluidos hidráulicos

Está prohibido el uso de titanio, aleaciones ligeras y compuestos de fibra en los ejes de rotación de los componentes del sistema de suspensión delantera.

Si se define otro tipo de suspensión no podrán utilizarse sistemas activos o semiactivos y/o controles electrónicos de cualquier parámetro de la suspensión.

3.1.5. Dirección

Con el fin de evitar daños en las manos y dedos del piloto en caso de caída, en todo el recorrido de giro de la dirección no deberá existir ningún elemento que interfiera en una tolerancia de 30 mm entorno a los puños del manillar y accionamientos.

El ángulo mínimo de giro de la dirección deberá ser de 15° medidos a cada lado del eje longitudinal de la motocicleta. Además, deberá estar limitado con un tope a cada lado.

Además de esto, está permitido el uso de amortiguador de dirección.

3.1.6. Sistema de frenos

La motocicleta deberá disponer tanto de freno delantero como freno trasero.

Deberá utilizarse el conjunto de freno delantero (bomba, latiguillos y pinza) proporcionado por la organización. Se permite la elección del tipo de pastillas y disco de freno y se permite la sustitución de los latiguillos de freno por otros de diferente longitud.

La situación del accionamiento de la bomba de freno y la modificación de la leva de accionamiento es libre con la restricción de que, si su ubicación fuese el manillar, su longitud no podrá ser superior a 200 mm y su extremo deberá ser una esfera de un diámetro mínimo de 18 mm. La esfera podría estar rectificada con un plano de una anchura mínima de 14 mm, los bordes del plano han de ser redondeados.

El freno trasero tendrá las mismas restricciones.

3.1.7. Estriberas

Como requisito deberán tener protegidos los extremos con un tope de nilón de un radio mínimo de 8 mm. Deberán disponer de protectores laterales para evitar que la bota del piloto pueda interferir con elementos móviles como la cadena o el neumático trasero.

3.1.8. Manillar

La anchura del manillar medida entre los extremos de los puños no podrá ser inferior a 450 mm y las puntas del manillar deberán ir protegidas con un tope de nilón redondeado de un radio mínimo de 8 mm.

No está permitido el uso de manillares o semimanillares contruidos en aleación ligera.

Los soportes del manillar o semimanillares deberán estar diseñados con el fin de minimizar el riesgo de fractura en caso de caída. Se deberán utilizar radios mínimos de 2 mm en el anclaje para facilitar deformaciones sin fractura.

3.1.9. Llantas y neumáticos

La organización suministrará las llantas y neumáticos (se prohíbe su modificación) con las siguientes dimensiones:

- Delantera 2.50”x 17”
- Traseras 3.50”x 17”

En la fabricación de los ejes de las ruedas está prohibido el uso de titanio, aleaciones ligeras y compuestos de fibra.

Está permitido el uso de protectores de nilón en los extremos del eje para posibles caídas, los cuales deberán ser redondeados con un diámetro igual o superior al del eje utilizado.

Los ejes de rueda no podrán sobresalir de su alojamiento en sus extremos más de 30 mm. (No se consideran en esta medida posibles protectores de nilón)

3.1.10. Protecciones para caídas

Se aconseja el uso de topes de nilón para proteger la motocicleta en caso de caída. También se permite el uso de protectores de fibra para chasis y cárter de motor.

3.1.11. Carenados

3.1.11.1. Restricciones dimensionales

Todos los bordes y acabados del carenado han de ser redondeados, con radio mínimo de 1 mm y con una anchura máxima del carenado de 600 mm.

El límite frontal del carenado en ningún caso podrá sobrepasar la vertical frontal trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático delantero. Así mismo, el límite posterior del carenado en ningún caso podrá sobrepasar la vertical posterior trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático trasero.

Lateralmente, el carenado no podrá cubrir al piloto a excepción de los antebrazos (esta excepción solamente en posición de mínima resistencia aerodinámica del piloto). La llanta posterior no podrá cubrirse en más de 180°.

Entre la altura del asiento y la parte más elevada del colín la cota máxima será de 150 mm y la utilización de guardabarros no es obligatoria.

El guardabarros delantero no podrá cubrir más de 135° de la circunferencia del neumático medido desde la parte posterior del neumático con origen del ángulo en la horizontal que pasa por el eje de rueda. En esos 135° las dimensiones del guardabarros son libres.

Está permitido el uso de alerones como pieza del carenado. Deberán no superar la anchura del carenado o del colín ni superar la altura de los extremos del manillar. El radio mínimo será de 2 mm y se permite el uso de dispositivos móviles aerodinámicos.

3.1.11.2. Seguridad

Todos los sobraderos de la motocicleta deberán redirigirse a un depósito de un mínimo de 250 cm³ de capacidad para evitar el vertido de líquidos. (Sobradero de aceite de cárter, depósito de gasolina, refrigerante).

3.1.12. Motor

Deberá utilizarse el motor proporcionado por la Organización. El motor se entregará sellado y se prohíbe totalmente su manipulación interna. Dicho motor es uno mono cilíndrico de 250 cm³ de 4 T tiempos con refrigeración líquida.

3.1.13. Sistema de alimentación de combustible

3.1.13.1. Carburador/Inyección

El carburador es de libre elección y se prohíbe el uso carburadores cerámicos.

Solo se permite una válvula de control del acelerador, el cual debe estar exclusivamente controlado por elementos mecánicos y manipulados por el piloto únicamente. No se permiten otros dispositivos móviles (excepto los inyectores) en el sistema de admisión antes de la válvula de entrada del motor.

Está permitido el uso de sistemas de inyección de carburante adicionales al carburador y la programación electrónica de los mismos. Los inyectores de combustible deben estar localizados aguas arriba de las válvulas de entrada del motor.

Se permiten sistemas RAM Air

3.1.13.2. Depósito de combustible

El respiradero del depósito de combustible deberá estar provisto de una válvula de retención. El respiradero deberá verter en el depósito sobrante de líquidos

El depósito de carburante de cualquier tipo deberá ir relleno con material retardante de llama o disponer de otro depósito flexible interno de seguridad. En el caso de los depósitos no metálicos es obligatorio el uso de este segundo depósito adicional de goma o resina. EL fin de esta vejiga de seguridad no es otro que impedir el derrame de carburante en caso de rotura del depósito. Si su utiliza un depósito homologado no hay otro requisito.

Está prohibido presurizar el depósito de carburante.

El tanque de gasolina deberá ser calificado como apto por la Organización antes de la realización de las pruebas en cumplimiento de las consideraciones anteriormente expuestas.

3.1.13.3. Conductos de combustible

Todos los conductos de combustible del depósito al carburador o sistema de inyección deberán estar provistos de racores estancos de seguridad. De manera que en caso de desprendimiento del depósito de la motocicleta sea el racor el que se desconecte y no otras uniones del conducto. Por tanto, para la apertura del racor la fuerza aplicada deberá ser, máximos, el 50% de la fuerza necesaria para desprender cualquier otra unión o rotura del material componente del conducto.

3.1.14. Sistema de refrigeración

No se permite la modificación del sistema de refrigeración interna del motor.

El número, la situación, el tamaño y la composición de los radiadores son libres siempre y cuando cumplan con los requerimientos dimensionales de las cotas generales de la motocicleta. Además, los líquidos refrigerantes utilizados no podrán ser otros que agua o aceite.

3.1.15. Instalación eléctrica

La composición de la instalación eléctrica deberá ser elaborada por cada equipo competidor. Está prohibido el uso de una instalación comercial.

Se permite el uso de componentes comerciales: bobinas, baterías, reguladores, conectores...

Todas las motocicletas deberán ir provistas de un botón de paro de seguridad en el lado izquierdo del manillar. Deberá estar indicado en color rojo para su fácil localización en caso de emergencia. Dicho botón de paro deberá cortar el suministro eléctrico a cualquier componente de la motocicleta.

3.1.16. Sistemas electrónicos

La centralita para la gestión electrónica será proporcionada por la Organización (coste aparte) a los equipos que requieran. Se permite la utilización libre de otras centralitas.

Está permitido el uso libre de otros sistemas electrónicos como cambio semiautomático, limitadores de vueltas, sistemas de información, limitadores de velocidad, control de servos...

3.1.17. Sistemas de adquisición de datos

Está permitido el uso de sistemas de adquisición de datos relativos a parámetro de motor, dinámica de la motocicleta y comportamiento del piloto.

Se podrán utilizar sistemas comerciales o la adaptación de sistemas de otro tipo de vehículos. Así mismo, se permite la utilización libre de todo tipo de sensores tanto de fabricación propia como reutilización de adaptaciones.

El software utilizado podrá ser comercial o de diseño propio.

3.1.18. Procedimiento de verificaciones técnicas

Para el control y verificación de vehículo se creará una ficha para cada prototipo. Este documento será relleno por los verificadores técnicos en la fase previa a la competición. Una vez contratados todos los apartados se deberá dar la calificación de apto para poder participar en las diferentes pruebas. Tras la verificación se fijara un adhesivo de la Organización comprobante de la aceptación del prototipo.

3.1.18.1. Homologación del chasis

La Organización se reserva el derecho de verificar el chasis mediante una prueba previa a la competición. Se habrá de presentar previo a la competición un estudio teórico de cargas sobre el chasis.

La prueba se realizará en un potro de ensayo. Se aplicarán una carga horizontal progresiva sobre la pipa de la dirección de 275 kg en dirección longitudinal (dirección de marcha) a la motocicleta y vertical de 200 kg sobre el soporte trasero (subchasis). Estas cargas se aplicaran sucesivamente 5 veces consecutivas y se verificara que la medida es repetitiva en cuanto a deformación con un error entre medidas inferior a un 10% y no aparece ningún tipo de fallo o fisura ni en los componentes ni en los elementos de unión. En la página web se muestra el esquema del banco y los componentes suplementarios que debe cada equipo aportar a la Organización para estas pruebas.

3.1.18.2. Verificación de pesos

Se acondicionará un centro de verificaciones y controles donde los participantes podrán verificar su vehículo. Se podrá solicitar por la Organización controles de pesos en cualquier fase de la competición.

Los controles se realizarán sobre el vehículo en orden de marcha con todos sus sistemas y componentes además de los líquidos necesarios para su uso. Inicialmente se realizará una calibración del sistema de medida. Se realizarán tres pesadas del vehículo y la media de los tres resultados será el valor asignado, siendo la tolerancia en la medida de 1 kg por debajo del mínimo.

3.1.18.3. Verificación de ruidos

El prototipo será analizado en un espacio abierto donde no existan obstáculos en un radio de 10 m. El ruido ambiente no podrá ser superior a 90 dB/A en dicho radio. La medida se realizará a 50 cm del extremo del tubo de escape y en un ángulo de 45°. La medida límite será de 115 dB/A.

3.2. Componentes aportados por la Organización

Como antes se ha podido observar hay una serie de componentes que la Organización proporciona, de forma que todas las motocicletas las tengan que incorporar en sus diseños. Esto se debe para que todos los equipos tengan el mismo punto de partida y poder competir objetivamente.

En la siguiente lista se enumeran los componentes proporcionados por la Organización:

- Llantas
- Neumáticos
- Horquilla
- Amortiguador trasero
- Bomba freno delantero y trasero
- Pinza freno delantero y trasero
- Motor

Los componentes que no aporta la Organización habrá que diseñarlos y fabricarlos, como el chasis, el escape, el basculante, etc., o comprarlos como las estriberas, bomba del agua...

A continuación explicaré toda la información existente sobre los elementos proporcionados por la Organización.

La Organización se reserva el derecho de verificar el chasis mediante una prueba previa a la competición. Habrá que presentar antes de la competición un estudio teórico de cargas sobre el chasis.

4 PROVEEDORES Y FABRICACIÓN

Como antes he mencionado, al realizar una lista de los componentes de la moto obtuve la lista de los componentes que se iban a comprar y los que había que fabricar. Teniendo claro este concepto, pudimos empezar a buscar proveedores y empresas para que nos patrocinaran la moto a cambio de publicidad en la misma y así poder obtener las piezas que necesitábamos (tanto a través de compra o de su fabricación).

En primera instancia, nos centramos en proveedores de componentes de moto. Como este tipo de proveedores están relacionados con la actividad del proyecto, es más fácil que se impliquen y nos ayuden. Una vez planteada esta premisa, decidimos empezar la búsqueda, pero los resultados no fueron todo lo satisfactorios que queríamos. Aun así, ciertas empresas nos facilitaron el trabajo. Por ejemplo, NG Brake Disk, nos proporcionó los discos de los frenos de las medidas que nosotros necesitábamos.

Además de este perfil de proveedores, también nos centramos en localizar otros, que aunque no estuvieran relacionados directamente con el mundo de la motocicleta, los productos que nos podían proporcionar sí lo estaban. Este es el caso del acero con el que construimos la moto. Es un acero que nos lo mandaron desde el Reino Unido.

En cuanto a la fabricación de algunas piezas, barajamos varias opciones. Una de ellas fue realizarlas en los **talleres de la Upna**. Para ello, tuvimos que hacer los planos de las piezas y realizar una petición formal mediante el siguiente formulario:

SOLICITUD DE REALIZACIÓN DE TRABAJOS

A LOS TÉCNICOS DE LABORATORIO

Trabajo a realizar:

Croquis o planos:

Fecha prevista de finalización:Prioridad:

Encargado por el profesor: Fecha:

OBJETIVO DEL TRABAJO:

Material docente:

Proyecto fin de carrera:

Tesis:

Proyecto de investigación:

Otros:

APROBACIÓN

Vº Bº Subdirector del Departamento.....Fecha:

Fdo.: D. Javier Valencia Monreal

REALIZACIÓN

Inicio trabajo por el técnico: Fecha:

Aproximadamente, horas dedicadas al trabajo:

RECEPCIÓN TRABAJO REALIZADO

Conformidad del profesor: Fecha:

Al comprobar que las instalaciones de la Universidad eran incompatibles con la complejidad de las piezas, desechamos esta vía de fabricación. Sin embargo, algunas piezas y casquillos sencillos las pudimos realizar en los talleres de la Universidad.

Otra opción fue la **Escuela Formativa Salesianos**. Tuvimos la suerte de que se prestasen a colaborar con nosotros y así poder mecanizar algunas piezas. En varias visitas realizadas al Centro, entregamos planos de algunas piezas de cierta complejidad y se decidieron a colaborar en nuestro proyecto. Nos comentaron que llevarían a cabo dichas mecanizados, pero el aporte de material, en nuestro caso aluminio 6280, lo teníamos que proporcionar nosotros. Esto se debe a que ellos trabajan con tochos de material más pequeños. Así pues, siempre que pudieron nos ayudaron en la medida de sus posibilidades.

Por suerte contamos con que el aporte de material fue obtenido mediante una empresa en la que, lo que para ella era un desperdicio, para nosotros supuso la cantidad de material necesario.

La primera pieza que mandamos a mecanizar fue la tija superior. Esta pieza decidimos que fuera igual a la de la moto de la edición anterior, puesto que, además del buen diseño, ha dado un resultado muy bueno en cuanto a rigidez y comportamiento. Teníamos en mente utilizar la pipa de la dirección y el eje de dirección de la anterior, pero al ser una moto de otra cilindrada decidimos colocarle un airbox para lograr mayor potencia. Por este motivo, el diseño tuvo que variar un poco en la pipa de dirección (necesitó un espacio para que pasase el aire).

La Fundación Elkarte colaboró con nosotros con el tema de la soldadura. Tal fue su ayuda que incluso, en una ocasión, trajo todo el material para la soldadura TIG al puesto donde teníamos la moto para poder realizar el soldeo in situ.

5 MEDIOS DE FABRICACIÓN

Un aspecto muy importante en nuestra fabricación del prototipo era que sólo íbamos a fabricar una unidad de la moto. De hecho era un aspecto un tanto negativo, puesto que en las empresas que fabrican en series de unidades grandes las técnicas que se utilizan son considerablemente diferentes. Esto se debe, a que tienen una demanda garantizada e invierten dinero en el proceso de automatización.

Las diferencias se dan en los siguientes procesos: soldadura, trabajo con tubos (curvado y ajuste de los extremos), anclajes, estampado de chapa y construcción de potros. El grado de automatización depende de la relación de demanda prevista y la inversión inicial con el fin de obtener beneficios. En nuestro caso, como sólo vamos a fabricar una unidad, no vamos a utilizar ningún tipo de automatización.

5.1. Soldadura

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal o plástico), para conseguir un baño de material fundido (el baño de soldadura) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.

Disponemos de dos métodos básicos de soldadura (eléctrica y de gas). A su vez, cada uno de ellos está subdividido en varios tipos. Cada tipo de soldadura tiene sus pros y contras, por lo que podremos decidir cuál se adecúa mejor a nuestras condiciones.

5.1.1. Soldadura eléctrica

Por arco



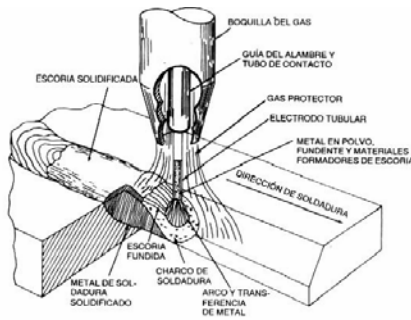
Se utiliza una fuente de energía eléctrica para producir energía térmica por medio de un arco voltaico que salta entre la pieza de trabajo y el electrodo que se consume. El electrodo está hecho de un material parecido al de la pieza (electrodo de acero y pieza de acero), y al fundirlo el arco pasa a formar parte del cordón de soldadura. La pieza misma también se funde y así se forma una soldadura por fusión. También se pueden hacer soldaduras por arco sin fusión de la pieza, pero es mucho menos corriente.

El calentamiento local de la zona de soldadura es muy elevado, por la gran cantidad de energía que se utiliza. Por lo tanto, se suelen producir concentraciones locales de esfuerzos en las zonas de las piezas que han sido soldadas por arco. Este problema no suele ser grave en piezas de sección gruesa, pero puede presentarse en las delgadas. Esta es, probablemente, la técnica menos adecuada para la construcción del chasis, aunque se

pueden conseguir resultados satisfactorios utilizando tubos que tengan una pared relativamente gruesa, de unos 2 mm o más.

Por arco cubierto (MIG, MAG)

Seguramente es la técnica de soldadura más corriente hoy en día. Se utiliza un electrodo metálico consumible, cargado eléctricamente y que se dirige a la zona de soldadura a través de una pistola que también envía un recubrimiento de gas que rodea toda la zona de soldadura. El material de aportación queda por tanto recubierto por un flujo de gas cuyo propósito es prevenir la oxidación de la soldadura cuando está caliente evitando que entre en contacto con el aire.



El gas de recubrimiento que se utilice nos indicará el nombre correcto del proceso. Cuando se utiliza un gas inerte (por ejemplo helio o argón), el proceso se llama MIG. Sin embargo, cuando el gas de cobertura es activo en el sentido químico de la palabra, el proceso se llama MAG (metal y gas activo). La elección del gas de cobertura dependerá de las características de reacción del metal que se está soldando. El níquel, el cromo y el aluminio requieren un gas inerte para su soldadura, pero el acero se puede soldar con un gas compuesto, como el

CO₂, o con un gas patentado como el Argoshield. Cuando el CO₂ de cobertura alcanza temperaturas elevadas en la zona de soldadura, se descompone produciendo monóxido de carbono y oxígeno libre y activo. Incluso cuando el gas de cobertura se descompone mientras la soldadura sigue fundida, evita el deterioro de la soldadura por el ataque de los gases que están presentes fuera de la zona de cobertura (nitrógeno y vapor de agua son los más comunes). El sistema que se utiliza para evitar los problemas de contaminación que se pudieran presentar por tener oxígeno activo libre en la zona de soldadura es añadir al electrodo de soldadura elementos que tienen una afinidad natural con el oxígeno activo. El silicio, el aluminio y el manganeso son los aditivos más corrientes. También se añaden titanio y circonio.

Prácticamente todos los chasis de tubo de acero soldado que se producen hoy en día se sueldan con este método, que es fácilmente automatizable. De todas formas esto no quiere decir que no sea adecuado para un uso manual en pequeñas producciones y prototipos. Aunque se asocia al tubo de acero, también se puede usar para soldar aluminio y acero inoxidable.

Las ventajas de este método incluyen:

- Exige menos habilidad para producir soldaduras eficientes que el proceso de arco manual.

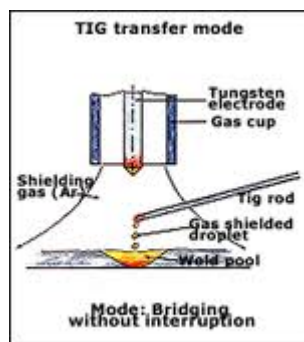
- Velocidad, que no sólo reduce el coste de mano de obra, también reduce la distorsión, ya que el calor total que se aporta es relativamente pequeño.
- Soldaduras limpias, no existe ninguna escoria que haya que limpiar ni que adultere las soldaduras.
- El relleno de ranuras y huecos es bueno, por lo que no hace falta dedicar mucho tiempo a la preparación de la zona a soldar.
- Permite utilizar toda una gama de corrientes para un diámetro dado de varilla de electrodo debido a que existe una relación lineal entre la razón a la que se aporta metal de la varilla a la soldadura y la corriente que se precisa para la fusión, llamada razón de quemado.

Las desventajas son:

- El cordón de soldadura suele ser convexo, lo que puede producir concentraciones de tensiones en tubos de pared delgada. Esto suele resultar menos problemático en chasis triangulados o de espina central que en los típicos chasis con tubos doblados, pero usando tubos de 1.2mm o más gruesos.
- El elevado coste de un equipo de calidad

Por arco en Argón (TIG)

En este sistema se produce un arco entre un electrodo de tungsteno y la pieza que estamos soldando, este arco produce el calor necesario y el material de aportación se suministra a mano. Al igual que en el sistema MIG, una capa de gas protector mantiene alejado el aire, sin embargo en este caso prácticamente todo el gas es argón puro.



Este sistema puede producir soldaduras de mayor calidad metalúrgica que el resto de métodos descritos y se puede entender como una versión eléctrica y limpia del soplete oxiacetilénico. En manos experimentadas resulta muy versátil, dado que se puede utilizar para soldar acero, acero inoxidable, aluminio, titanio e incluso el inflamable magnesio. Como este proceso es más lento que la soldadura MIG, la distorsión puede ser mayor, sin embargo se pueden conseguir cordones extremadamente limpios y cóncavos, de forma que se reducen las concentraciones de tensiones. Es adecuado para tubos de cualquier espesor y resulta excelente para trabajos con chapa, como depósitos de combustible, tubos de escape para motores de 2 tiempos, y para fabricar chasis de espina central en acero inoxidable o aluminio. Debido a que los resultados pueden llegar a ser el elevado coste de estos equipos limita su uso solo a aquellas personas que tengan que sacar adelante una gran cantidad de trabajo.

5.1.2. Soldadura de gas (habitualmente Oxígeno y Acetileno)

Soldadura por fusión

En este caso la llama se usa para fundir el metal de las piezas a soldar, mientras que el material de aportación, de composición similar, se aporta a mano, al igual que con el sistema TIG. Este tipo de soldadura no se suele usar para construir chasis, pero es muy popular en la construcción de depósitos de combustible (tanto en acero como en aluminio) y tubos de escape, especialmente para motores de 2 tiempos como es el caso que nos ocupa. La calidad de la soldadura es inferior a la que se obtiene mediante TIG, pero la inversión inicial es pequeña. Una posible ventaja sobre el TIG es que el calor se reparte más y eso permite un enfriamiento más suave de la zona de soldadura.

Soldadura con bronce

Probablemente este ha sido el método más utilizado en la construcción artesanal de chasis, y todavía sigue siendo utilizado por muchos constructores profesionales de chasis que prefieren este método a los sistemas eléctricos. Resulta adecuado en estructuras tubulares de acero, donde una de sus principales ventajas proviene de las bajas temperaturas que se alcanzan. En todos los métodos de soldadura, el calor reduce la resistencia del metal de las piezas que estamos soldando en las zonas cercanas a la soldadura, especialmente en el caso de algunos aceros de elevada resistencia y aleaciones de aluminio. En algunas aplicaciones, se puede volver a conseguir toda la resistencia mediante el consiguiente tratamiento térmico, pero esto resulta de difícil aplicación en un chasis de motocicleta y aún así seguiría existiendo distorsión en cualquier caso.

Sin embargo en la soldadura con bronce, el material de las piezas a soldar se calienta a una temperatura que está muy por debajo de su punto de fusión, aunque es suficiente para fundir el material de aportación (bronce). Así el metal de las piezas a soldar mantiene casi toda su resistencia original, lo que es una de las ventajas principales de este sistema. Existen varios tipos diferentes de bronce, con distintas resistencias y diferentes puntos de fusión, para cubrir diversas aplicaciones. Teniendo cuidado, el cordón puede quedar cóncavo y amplio, de forma que se consigue un cambio de sección suave y una concentración de tensiones mínima. Por todas estas razones, Reynolds, el fabricante de aleaciones de acero de alta resistencia del cual hemos importado nuestros tubos para el chasis, recomienda ampliamente este tipo de soldadura, especialmente para soldar tubos de pared fina.

Aunque para un soldador inexperto resulta fácil hacer una unión mediante este método, se necesita una habilidad considerable para realizar un trabajo de calidad. La temperatura resulta crítica. Si es demasiado baja, la adhesión es pobre y la unión queda débil. Si es demasiado elevada, se pueden evaporar algunos elementos del bronce, y el material de aportación puede penetrar de forma profunda en la estructura granular de la pieza a soldar, quedando una unión débil y frágil.

Aunque se han soldado muchos chasis de motos empleando este método, la posibilidad de que las soldaduras puedan quedar frágiles ha hecho que este tipo de soldadura no haya sido aprobada para soldar la estructura primaria de los aviones. Si construimos un chasis empleando este método, resulta absolutamente esencial no aplicar ninguna carga en la unión hasta que se haya enfriado completamente, de otro modo tendría lugar una penetración intergranular y la consiguiente rotura sería casi inevitable.

5.1.3. Otros procesos

Existen muchas otras técnicas de soldadura que tienen grandes ventajas, pero que exigen instalaciones muy costosas. Sin embargo se suelen utilizar mucho en los procesos de fabricación. Por ejemplo: soldadura por haz de electrones, arco metálico de gas- plasma, soldadura explosiva, soldadura por fricción, por resistencia, por proyección y de puntos por corriente pulsatoria

5.2. Mecanizado

El mecanizado es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión. Se realiza a partir de productos semi-elaborados como tochos u otras piezas previamente conformadas por otros procesos, como moldeo o forja.

Aparte del mecanizado convencional, que utilizamos para fabricar piezas, tuvimos que utilizar un centro de mecanizado de avanzada tecnología, para poder realizar un post mecanizado de precisión al basculante y al chasis de la motocicleta.

5.3. Prototipado rápido

En los últimos años ha surgido una nueva familia de máquinas altamente innovadoras que permite, con tecnologías y materiales diferentes, obtener un prototipo de un modelo o de un molde, de manera precisa y rápida a partir del modelo sólido generado en el sistema CAD-3D. Estas máquinas se conocen como máquinas de Prototipado Rápido: permiten obtener piezas físicas acabadas de modo automático, de cualquier forma y en dimensiones finales, con complejidad y detalles que no permitirían su obtención en máquinas convencionales, o que harían su ejecución larga y compleja en centros de fabricación con control CNC. De esta forma, las máquinas posibilitan una mayor velocidad y menor costo en la obtención de prototipos comparados con los procesos tradicionales de fabricación. Incluso, se puede obtener matrices que son capaces de producir una cantidad limitada de piezas, ideal para el uso en la producción de lotes pilotos. Este tipo de tecnología posibilita que las empresas puedan desarrollar productos de forma más rápida, con menor costo y, principalmente, con un incremento de calidad por medio de una mejor evaluación del proyecto. Además, contribuye a una disminución de dudas y de riesgos.

El prototipado rápido es un proceso utilizado para fabricar artículos de plástico, metal o cerámica, también, conocida como "Additive Technology". De hecho, su proceso de fabricación es ir añadiendo material capa a capa. En algunos casos, las propiedades físicas son similares a los que se producirían por métodos convencionales, como moldeo por inyección y extrusión, o moldeo por soplado. De esta manera se evita el fabricar los costosos moldes para realizar un prototipo que podría cambiar su forma.

Inicialmente el prototipado rápido solo se usaba para la fabricación de prototipos. Hoy en día se utiliza como un proceso de fabricación más. Un ejemplo se encuentra en el sector dental, en el cual se utiliza para fabricar las estructuras metálicas que luego irán recubiertas de cerámica creando coronas y puentes dentales.

Existen diferentes tipos de prototipos:

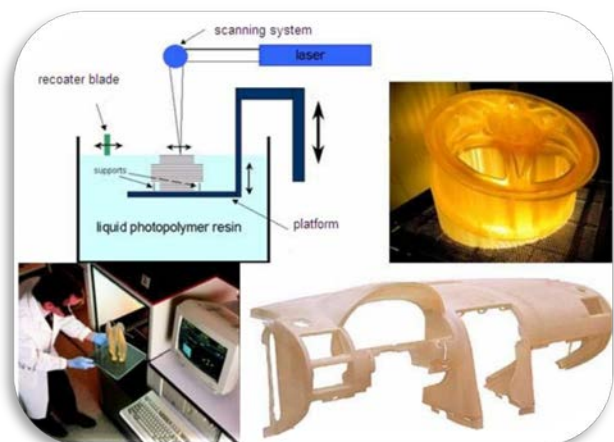
- Prototipos de diseño: sirven para evaluar aspectos estéticos y ergonómicos.
- Prototipos geométricos: utilizados para probar concordancia geométrica, la forma y los ensambles.
- Prototipos funcionales: muestran las características es una prueba del producto final.
- Prototipos técnicos: se usan para evaluar todas las funciones de la pieza final.

5.3.1 Estereolitografía SLA

Los Sistemas de Prototipaje Rápido surgen inicialmente en 1987 con el proceso de estereolitografía (StereoLithography - SL) de la empresa norteamericana 3D Systems.

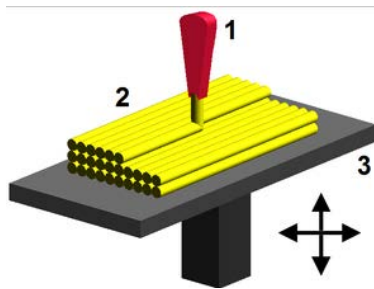
Es un proceso que solidifica capas (layers) de resina foto sensible por medio de láser. Consiste en desencadenar un proceso de polimerización mediante la incidencia de un láser UV de unos pocos miliwatios. Los puntos atacados por el haz láser solidifican, creando una capa consistente con la forma de corte que le corresponda en cada altura.

La estereolitografía o SLA permite realizar modelos de muy alta precisión, exactitud y nivel de detalle. Es una técnica que precisa de una estructura primaria de soporte del material (típicamente cera o plástico acrílico). Proporciona modelos con superficies lisas con alto detalle que se pueden pulir. Ideal para hacer muestras o maters de piezas. Proporciona maquetas o modelos detallados no funcionales.



5.3.2. Modelado por deposición fundida

La tecnología fue desarrollada por S. De Scott Crump a finales de 1980 y se comercializó en 1990. El modelado por deposición fundida (FDM) es un aditivo para la fabricación de tecnología de uso general para aplicaciones de modelado, creación de prototipos y la producción.



FDM trabaja en un "aditivo", principio por el que se establece material en capas. Un filamento de plástico o alambre metálico se desenrolla de una bobina de material y suministra a una extrusión de la boquilla. Dicha boquilla se calienta para fundir el material y se puede mover en las direcciones horizontal y vertical por un mecanismo de control numérico, controlada directamente por una fabricación asistida por ordenador (CAM) paquete de software. El modelo o parte se produce por extrusión de pequeños gránulos de material termoplástico, formando capas cuando el material se endurece inmediatamente después de la extrusión de la boquilla.

5.3.3. Sinterización Láser

Los sistemas de sinterización (Selective Laser Sintering - SLS) de la empresa americana DTM y el sistema Soliform de estereolitografía de la japonesa Teijin Seiki, se hicieron posibles en 1992. Usando calor generado por el laser, SLS funde polvos metálicos y puede ser utilizado para la obtención directa de matrices de inyección

La técnica de sinterización láser consiste en la construcción por capas de una pieza a partir de una tomografía de un fichero CAD en formato STL. Se pueden emplear diversos materiales plásticos o metálicos (técnica SLM). Las piezas obtenidas a partir de estos equipos son prototipos o piezas únicas plenamente funcionales con características muy similares a las piezas finales, lo que permite validar y optimizar diseños en tiempo record. Son equipos indicados para aplicaciones tales como piezas para vehículos de competición, industria aeroespacial, satélites, implantes, prótesis a medida, calzado deportivo de élite, etc. La técnica de impresión 3D o 3D modelling, permite realizar objetos en 3D directamente a partir de los diseños CAD. Los objetos son obtenidos en diversos materiales con gran precisión y exactitud, obteniéndose un alto detalle en los acabados. Es una técnica muy útil para presentación de diseños y prototipos no funcionales.

5.3.4. Aplicaciones en motociclismo

Básicamente, las técnicas de Prototipaje Rápido tienen como objetivo obtener de manera rápida y exacta una réplica tridimensional de los diseños que han sido generados mediante aplicaciones CAD en 3D.

Estos modelos físicos pueden ser únicamente estéticos o útiles. Están dirigidos para estudio de formas y estudio de la aceptación por el mercado, o pueden cumplir con algunas

o buena parte de los requerimientos mecánicos que tendría la pieza definitiva. De ser así, ofrecería la posibilidad de realizar pruebas funcionales e incluso de homologación antes de que existan ni siquiera los moldes preliminares.

La mayor o menor similitud que pudiera existir entre el modelo definitivo y el obtenido mediante las técnicas de prototipaje rápido dependerán básicamente del sistema utilizado para su generación y de limitaciones dimensionales, de complejidad y de postprocesos aplicados.

Las ventajas que ofrece la utilización sistemática de esta tecnología dentro del proceso global del lanzamiento de un nuevo producto abarcan a casi todos los departamentos que, directa o indirectamente están involucrados en él. Sin ánimo de ser exhaustivos, destacaremos las siguientes ventajas:

- Disponer de una herramienta de comunicación física que no ofrece ningún tipo de duda, no permitiendo en consecuencia interpretaciones distintas y/o erróneas. De igual forma que “una imagen vale más que mil palabras”, “un prototipo vale más que mil imágenes”
- Permite realizar determinadas pruebas funcionales, de montajes e interferencias.
- Facilita la relación entre clientes y proveedores. Facilita, y en muchos casos estimula, la aportación de mejoras ya sea en el diseño y su funcionalidad, ya sea en el proceso productivo.

Las técnicas de prototipaje rápido pueden ser aplicadas a las más diversas áreas tales como, automoción, aeronáutica, marketing, restauraciones, educación, paleontología y arquitectura.

En el caso que nos concierne, las aplicaciones de este tipo de tecnologías son infinitas, ya que reduce considerablemente los tiempos y los costes de fabricación permitiendo probar diferentes piezas en muy poco tiempo. De este modo, podemos fabricar modelos diferentes que puedan ser probados en el prototipo desechando aquellos que no cumplen con las especificaciones requeridas y a continuación fabricar la pieza deseada una vez ha sido ya probada. Partiendo de estas piezas se pueden sacar moldes y después construir un airbox en fibra de carbono.

Las diversas técnicas de prototipado rápido son una solución cada vez más popular, que en los últimos años ha bajado mucho de precio. Las impresoras 3D también son bastante más asequibles que antes y de hecho cada vez es más habitual que muchas empresas compren sus propias impresoras para poder producir prototipos de sus diseños en un tiempo record.

Para el caso de nuestro prototipo, que es el que nos ocupa, valoramos la opción de fabricar nuestro airbox en prototipado rápido como proceso de fabricación directo, pero finalmente decidimos comprar un airbox comercial y adaptarlo a nuestra motocicleta. Igualmente ocurrió con el depósito de gasolina de forma que finalmente no incluimos este tipo de tecnología tan novedosa en nuestro proceso de fabricación. Cada pieza de la moto

era dibujada en Catia y se ensamblaba en la maqueta 3D de la motocicleta de forma que si encajaba la fabricábamos directamente. Ese fue nuestro modo de proceder.

6 MATERIALES

Se define como metales las sustancias que poseen las siguientes propiedades:

- Buena conductividad térmica y eléctrica
- Molécula monoatómica
- Brillo característico llamado metálico
- Muy poco reactivo con el hidrogeno
- Se combina con el oxigeno para formar los óxidos
- Son dúctiles o deformables
- Son sólidos a temperatura normal excepto el mercurio que es liquido

En el diseño de un objeto, o en nuestro caso de una moto de competición, hay que emplear el material que mejor se adapte a las exigencias de uso y que resulte más económico.

En general, los metales pueden dividirse en dos grandes familias:

- Aleaciones férreas: contienen hierro
- Aleaciones no férreas: resto de metales que no contienen hierro ,dentro de las cuales se encuentran las aleaciones a base de aluminio, magnesio, titanio, cobre, níquel, cinc y estaño.

Las aleaciones férreas constituyen la mayoría de los metales empleados en ingeniería, puesto que son muy utilizados para soportar cargas estructurales o transmitir potencias. Dichos materiales se dividen en dos categorías de acuerdo a la cantidad de carbono que contengan:

- Acero: tienen entre 0.05 y 2.0% en peso de carbono
- Fundiciones: tienen entre 2 y 4.5% en peso de carbono

Los aceros son los materiales más importantes por su coste relativamente bajo y por las propiedades mecánicas que tienen. Se dividen en:

- Aceros de baja aleación: si contienen menos del 5% en peso de elementos aleantes
- Aceros de alta aleación: contienen más del 5% en peso de elementos aleantes.

Los elementos aleantes incrementan el costo del material y por ello su uso solo se justifica si mejora esencialmente las propiedades tales como la resistencia mecánica o a la corrosión.

La mayoría de las aleaciones férreas son del tipo de aceros al carbono y de baja aleación. Estas aleaciones son de precios moderados, contienen poca cantidad de elementos aleantes y son suficientemente dúctiles como para conformarse con facilidad. El producto final es fuerte y duradero y se usan en muchas aplicaciones.

Sin embargo, los aceros de alta aleación son aquellos en los que la cantidad de aleantes supera el 5% en peso, por lo que son más costosos económicamente. Se cuentan entre estos aceros los siguientes:

1. Aceros inoxidables que requieren la adición de aleantes que aumenten su resistencia a la corrosión, entre los que se cuenta el Cr cuya cantidad puede variar entre 4 y 30% en peso.
2. Aceros usados en las herramientas que también requieren gran cantidad de aleantes que aumenten su dureza
3. Superalaciones, que requieren la adición de elementos aleantes que les proporciona estabilidad en aplicaciones a alta temperatura

La fundición son aleaciones férricas con contenidos de carbono entre 2 y 4.5 % en peso. Una fundición se conforma para obtener la morfología final colando el metal fundido en un molde. El metal solidificado mantiene la forma del molde. Se obtiene una microestructura menos uniforme con algo de porosidad y por ello con propiedades mecánicas inferiores.

6.1 Propiedades

Las propiedades de los metales se clasifican en físicas, mecánicas y tecnológicas. Sin embargo, me voy a centrar en las propiedades mecánicas, ya que son las que nos van a aportar más información sobre qué tipo de material utilizar.

Las propiedades mecánicas son aquellas que expresan el comportamiento de los metales frente a esfuerzos o cargas que tienden a alterar su forma. Es decir, están relacionadas con la forma en que reaccionan los materiales cuando actúan fuerzas sobre ellos.

Las más importantes son:

- Resistencia: capacidad de soportar una carga externa.
- Elasticidad: capacidad que tienen algunos materiales para recuperar su forma, una vez que ha desaparecido la fuerza que los deformaba.
- Plasticidad: habilidad de un material para conservar su nueva forma una vez deformado.
- Ductilidad: es la capacidad que tiene un material para estirarse en hilos (por ejemplo, cobre, oro, aluminio...)
- Dureza: oposición que ofrece un cuerpo a dejarse rayar o penetrar por otro, en otras palabras, es la resistencia al desgaste.
- Fragilidad: La facilidad que tiene el material de romperse en añicos cuando una fuerza impacta sobre él.
- Tenacidad: resistencia que opone un cuerpo a su rotura cuando está sometido a esfuerzos lentos de deformación.
- Fatiga: deformación (que puede llegar a la rotura) de un material sometido a cargas variables, inferiores a la de rotura, cuando actúan un cierto tiempo o un número de veces

6.2 Esfuerzos físicos a los que pueden someterse los materiales

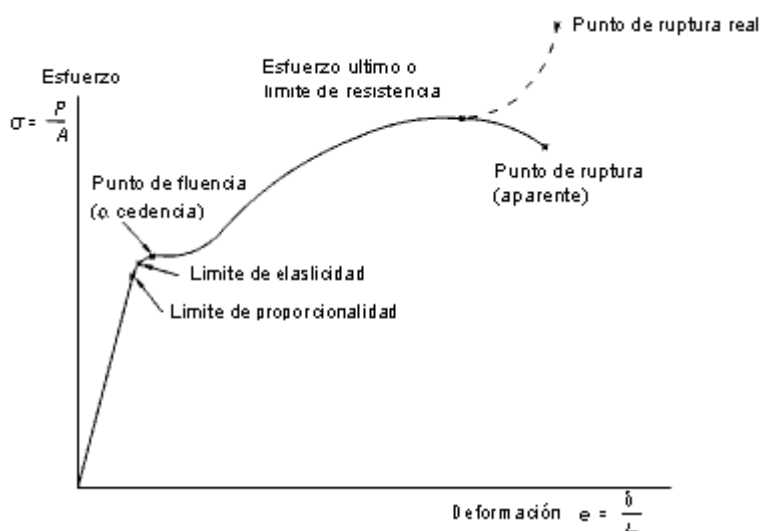
Cuando una fuerza actúa sobre un objeto, tiende a deformarlo. La deformación dependerá de la dirección, sentido y punto de aplicación donde esté colocada esa fuerza. Los distintos tipos de esfuerzos a los que pueden estar sometidos los cuerpos, independientemente de su material y forma son: tracción, compresión, flexión, torsión, cortadura y pandeo.

En el caso de la moto teníamos que asegurarnos de que el material que utilizáramos nos asegurase que no exista, por ejemplo, torsión en el chasis, que no se deforme debido a ningún tipo de fuerza. Es decir, había que asegurar que la motocicleta fuera suficientemente rígida, resistente y que no fuera demasiado pesada.

6.3 Criterios para la elección adecuada de materiales

La elección adecuada de un material para una aplicación concreta no es una tarea fácil. Exige un gran conocimiento de las propiedades de un elevado número de materiales, el tipo de esfuerzos a los que pueden estar sometidos y cómo se deben diseñar las piezas del conjunto para que resistan mejor estos esfuerzos. También entra en juego el proceso de fabricación.

Muchos materiales cuando están en servicio están sometidos a fuerzas o cargas y en estos casos es necesario conocer las características del material para diseñar la pieza de la moto. De este modo, nos aseguramos que los esfuerzos a los que va a estar sometido no sean excesivos y el material no se fracture.



La Tensión de rotura es la tensión a la que se rompe el material y se expresa como la fuerza aplicada por unidad de sección transversal del material. Se utiliza para medir la resistencia. Sin embargo, el límite elástico es la tensión a la cual comienza la deformación permanente, por lo que resulta muy útil para comparar materiales dúctiles entre sí.

Como antes he mencionado, en servicio todas las piezas están sometidas a una tensión y esto provoca una deformación, denominada alargamiento unitario. Dicho alargamiento ($\Delta l/l_0$) se expresa como la variación proporcional de las dimensiones.

La rigidez es la relación entre la carga aplicada y la deformación que produce. Esto se define mediante el Módulo de Young, que es la tensión aplicada dividida por la deformación unitaria resultante.

El módulo de Young tiene una íntima relación con la fuerza de enlace entre los átomos en un material. Los materiales con un módulo elástico alto son relativamente rígidos y no se deforman fácilmente.

Además de esto, podemos medir la ductilidad mediante la cantidad de tensión que hay que aplicar entre el límite elástico y el límite de rotura. La ductilidad determina el tipo de rotura que sufre el material. Se dice que un material es dúctil si sufre una gran deformación antes de romperse. Por el contrario, si el material se rompe repentinamente con muy poca deformación, decimos que es frágil. Por este motivo, es mejor considerar materiales dúctiles, ya que puede soportar un poco de sobrecarga sin llegar a romperse.

A la vez que aumenta la resistencia de los materiales, también aumenta su fragilidad. Por todo lo comentado anteriormente, para escoger un metal u otro, habrá que tomar una decisión de compromiso, debido al tratamiento térmico que va a tener, el proceso de fabricación que tenga y las cargas que tenga que soportar.

Por norma general, ocurre que las piezas de metal fundido son menos dúctiles que las forjadas o aquellas que están hechas partiendo del material en bloque o barra.

6.4 Elección del material

Una vez comprendidos los criterios para la adecuada elección del material, voy a explicar las características de varios tipos de aleaciones. El material elegido debe responder a las exigencias de la función de la pieza, ya que este aspecto está íntimamente relacionado con sus características físicas y mecánicas. Además, la selección del material no puede desligarse del método de conformado y del proceso de fabricación. Aunque el costo no sea un requisito de servicio, éste forma parte importante del proceso de selección, tanto por el precio como por el costo de producción.

Empezaré con el **aluminio y sus aleaciones**. Estos se caracterizan por la baja densidad (2.7 g/cm^3), por la resistencia a la corrosión en algunos medios (incluyendo el atmosférico), por la excelente conductividad eléctrica y térmica por la facilidad de trabajarlas. De hecho, a muchas de estas aleaciones se les puede dar formas diferentes con facilidad debido a su elevada ductilidad, como se puede comprobar en el aluminio puro. A pesar de todas las ventajas, la principal limitación del aluminio es la baja temperatura de fusión (660°C), que restringe su campo de aplicación.

La resistencia mecánica del aluminio se logra por acritud y por aleación, sin embargo ambos procesos disminuyen la resistencia a la corrosión.

Aun y todo, las aleaciones de aluminio tienen varios inconvenientes: dependiendo de la aleación de la que se trate las aleaciones pueden ser tratables térmicamente o no. Comparando con las aleaciones de acero, son más caras de fabricar. Además, hay que recordar que este tipo de material no tiene límite de fatiga, por lo que nunca podremos asegurar que una pieza de aluminio pueda aguantar infinitos ciclos por muy pequeña que sea la carga.

Numero de la Aluminum Association	Numero UNS	Composición (% en peso)	Condición	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite elástico (MPa)	Ductilidad (% El en 2 pulg)	Aplicaciones
1100 5052	A91100	0.12 Cu	Recocido	90	34	35	Planchistería
	A95052	2.5 Mg, 0.25 Cr	Recocido	195	90	25	Partes de autocares y camiones
2014	A92014	4.4 Cu, 0.5 Mg, 0.8 Mn, 0.8Si	Tratamiento térmico	485	415	13	Estructuras generales
295	A02950	4.5 Cu, 1.1 Si	Tratamiento térmico	250	165	5	Cárter de motores, ruedas de avión

En cuanto a las **aleaciones de titanio**, proporcionan excelente resistencia a la corrosión, tiene un peso muy bajo y una elevada resistencia y propiedades favorables a temperaturas altas. Se debe tener especial cuidado de evitar la contaminación durante la fundición, la soldadura o la forja. Su punto débil es que flexan demasiado, ya que el tamaño de los tubos parecía ser el mismo que el de sus exitosas compañeras con chasis de tubo de acero y el titanio tiene un módulo que es la mitad que el del acero.

Sus desventajas son que tiene un elevado coste y las sofisticadas técnicas de soldadura.

Tipo de aleación	Numero UNS	Composición (% en peso)	Condición	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite elástico (MPa)	Ductilidad (% El en 2 pulg)	Aplicaciones
Puro	R 50550	99,1 Ti	Recocido	517	448	25	Industrias químicas, náutica, partes de avión
A	R 54521	5 Al, 2.5 Sn e, resto Ti	Recocido	8612	807	16	Alabes de compresores de motores de avión
α - β	R 56401	6 al, 4 V el resto Ti	Recocido	993	924	14	Camisas de cohetes propulsores
B	R 58010	13V, 11Cr, 3 Al, el resto Ti	Endurecimient o por precipitación	1220	1172	8	Pernos de alta resistencia

Por último, voy a comentar las propiedades del **acero**. Estos tienen resistencia a compresión y a tracción, gran dureza, resistencia al desgaste y ductilidad. Dependiendo del tipo de acero que estemos utilizando tendrá diferentes características, puesto que la adición de los aleantes mejora las propiedades del acero.

El coste de este material en bruto es relativamente bajo y las técnicas de manipulación están muy desarrolladas. Además de esto, podemos obtener la rigidez deseada en la moto, porque el modulo de Young es alto.

Para optar por un material me voy a basar en el método de índices ponderados de propiedades. Este método tiene aplicación cuando busca satisfacer múltiples exigencia bajo condiciones de servicio, para lo que se analiza el problema a través de una matriz de decisión. Se considera la importancia de los diferentes requerimientos respecto al conjunto de propiedades significativas que controlan el comportamiento.

Cada propiedad la voy a acomodar en un factor de escala, de manera que sus valores estén entre 0 y 5.

5= Excelente

3= Buena

1= Regular

0= Mala

	Nivel de prioridad	Peso
Módulo de Young	Alta	4
Resistencia de rotura	Alta	4
Soldadura	Muy alta	5
Coste de material	Media	3
Peso	Baja	2

En nuestro caso, el aspecto más determinante a tener en cuenta era la facilidad y fiabilidad de la soldadura. Otros aspectos muy importantes eran la rigidez y la resistencia estática y a fatiga. Sin embargo, el coste del material no debería tener tanto peso, pero vista la dificultad de encontrar patrocinadores para subvencionarnos, tenía una importancia considerable en nuestro proyecto.

Una vez decididos los pesos de los 5 parámetros que más afectan en la fabricación de las piezas, procederemos al análisis de estos aspectos para los diferentes materiales, otorgándoles una puntuación entre 0 y 10.

En cuanto al Módulo de Young y a la resistencia el acero es el que mejor se comporta sin duda alguna, seguido por el titanio y por el aluminio. El material cuyo proceso de soldadura es el más sencillo es el acero. Sin embargo, el aluminio es complicado de soldar y el titanio es extremadamente complicado de soldar.

Por otra parte en cuanto al coste del material podemos decir que los materiales más caros con mucha diferencia es el titanio, detrás del cual estaría el aluminio y finalmente mucho más barato el acero. Y en cuanto al peso, comentar que el acero es el más pesado.

	Aluminio	Titanio	Acero
Módulo de Young	4	6	10
Resistencia de rotura	7	8	10
Soldadura	5	2	10
Coste de material	5	1	10
Peso	8	4	1

Por último, multiplicamos estos valores con sus respectivos pesos y sumamos las columnas, para obtener valores orientativos de las cualidades de los materiales.

	Aluminio	Titanio	Acero
Modulo de Young	16	24	40
Resistencia estática y a fatiga	28	32	40
Soldadura	25	10	50
Coste	15	3	30
Peso	16	8	2
Suma	100	77	162

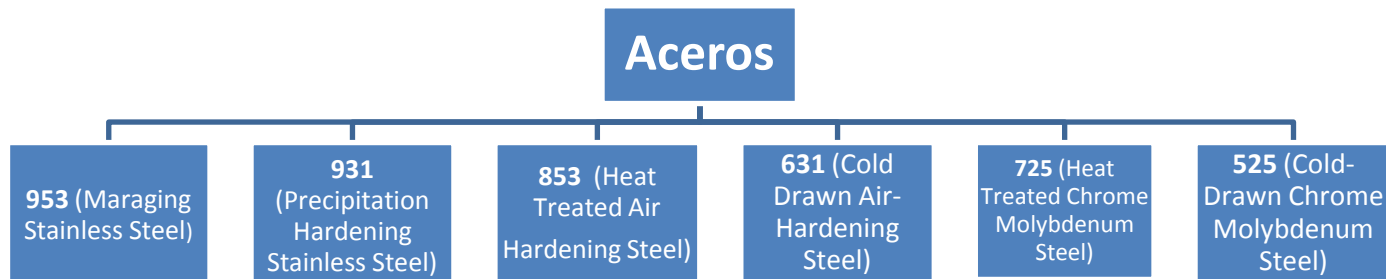
De acuerdo con los resultados obtenidos parece que la mejor opción con bastante diferencia era el acero. Desde el punto de vista económico el acero era el más barato. Además de esto, las técnicas de manipulación del acero eran las más desarrolladas y, a su vez, las más baratas. Como buscábamos una rigidez considerada, el acero cumplía que tiene el módulo de elasticidad bastante alto. Lo único que no nos ayudaba mucho en la fabricación de la moto era el peso que nos proporcionaba este material. Por ejemplo, el aluminio reduciría mucho el peso, pero por el contrario, una buena soldadura del aluminio sería difícil de conseguir y el coste sería elevado, tanto del producto como del conformado.

Centrándonos en los aceros, voy a realizar un estudio sobre los tipos existentes con el fin de obtener el más adecuado para nuestra aplicación.

6.4.1. Aceros Reynolds

El fabricante de Reynolds nos proporcionó la siguiente lista con las respectivas propiedades de los aceros que ellos disponen en el mercado. Aun así, existe más variedad de aceros Reynolds que ya no se comercializan.

Un dato curioso a la hora de clasificar este material es que se clasifican según un número, que cuanto mayor sea indica que tiene una mayor resistencia basado en el contenido de la aleación.



- **Reynolds 953** (Acero inoxidable martensítico):

Actualmente se utiliza como prima fundida, siendo la precisión de soldado y estirado en frío de tubos con resistencia a la tracción máxima de 2000 MPa. La combinación de propiedades inoxidables y envejecimiento martensítico hace que este acero sea de una resistencia específica muy alta.

Requiere un gran cuidado en la fabricación y es complicado trabajar en frío con él. Ofrece una altísima resistencia debido principalmente a su alto contenido en Titanio.

A pesar de su bajo contenido en carbono este tipo de aleación es complicada de soldar y en nuestro caso es totalmente inviable ya que los espesores de pared que proporcionan ni siquiera se acercan al milímetro por lo que inhabilitan completamente su utilización para la fabricación de nuestro chasis.

-**Reynolds 931:**

Es un acero inoxidable de endurecimiento por precipitación basado en la aleación de grado 630/17 -4PH personalizado. Los tubos pueden ser soldados con o sin costura, dependiendo de la aplicación.

-**Reynolds 853:**

Principalmente suele ser estirado en frío y tratado térmicamente. El efecto del aire de endurecimiento en la zona de la soldadura crea una estructura de grano fino, aliada a la microestructura bainítica de esta aleación, lo que lleva a la mejora de la fatiga.

-**Reynolds 631:**

Es la versión de estirado en frío de la 853, con las mismas ventajas que endurece al aire en la zona de soldadura y se considera un sucesor del legendario 531.

Para la práctica del ciclismo, esto proporciona marcos resistentes, duraderos y confortables especialmente adecuados para la conducción de larga distancia, ATB y BMX.

El 631 tiene muy buena disposición para ser trabajado en frío especialmente indicado para estructuras soldadas, debido a su óptima soldabilidad mediante soldadura T.I.G. y soldadura fuerte. En el calor de las zonas afectadas por conjuntos ganará fuerza. Apenas se produce distorsión y las tensiones internas que se dan por la soldadura son bastante escasas. Además la resistencia que se pierde debido al proceso de soldadura es casi insignificante

El peso de 631 es igual a la de muchos marcos de aluminio y tiene una excelente vida de fatiga.

-Reynolds 725:

Es un acero al cromo molibdeno, basado en el estándar de la industria de acero AISI 4130. Esta gama de tubos es tratada térmicamente.

-Reynolds 525:

También está basado en el acero 4130. La serie 520 es normalmente un soldado, estirado en frío.

-Reynolds 531:

Acero comercial al manganeso molibdeno trabajado en frío. Se trata de un tipo de aleación utilizada desde antes de la Segunda Guerra Mundial, pero no fue hasta después de ella en la que adquirió una gran importancia en la construcción de chasis de motocicletas de competición (mientras que para chasis de carretera se usaba acero templado convencional). En 1935, se utilizó este material por primera vez en aeronáutica, en cuadros de bicicletas y en aviones de combate. Además, fue utilizado para formar las subtramas delanteras del Jaguar E-Type de la década de 1960.

La composición aproximada de aleación de 531 tubos es de: 1,5% de Mn, 0,25% de Mo, 0,35% de C. Sus propiedades mecánicas y la respuesta al tratamiento térmico son muy similares a la aleación del acero AISI 4130 estándar.

Lo más importante del 531 es que es un producto de larga duración, es decir, tiene la capacidad de mantener la resistencia después de la soldadura, aunque se trate de una soldadura dura con plata o bronce. Hasta el punto de que se pueden conseguir caídas del límite elástico de tan sólo el 15% una vez soldada la estructura respecto al material original. Este rasgo significa que la gente pasa por alto su capacidad para soldar. De hecho Reynolds creó esta situación especificando que el tubo 531 debería ser soldado con una soldadura dura. La razón era que los soldadores con una moderada habilidad eran propensos a recalentar el material cambiando su estructura de forma que el material se hace más endeble.

En realidad, la fusión del 531 suelda muy bien, pero por ejemplo soldadura de arco sólo es aceptable cuando el tubo tiene el suficiente espesor para negociar las concentraciones de tensiones que produce. En términos de producción es más eficiente que la soldadura de bronce pero no sirve para los casos de chasis ligeros que estamos discutiendo. Pruebas

posteriores mostraron que los tubos de 531 soldados en bronce se comportaban especialmente bien en estructuras sujetas a fluctuación de cargas.

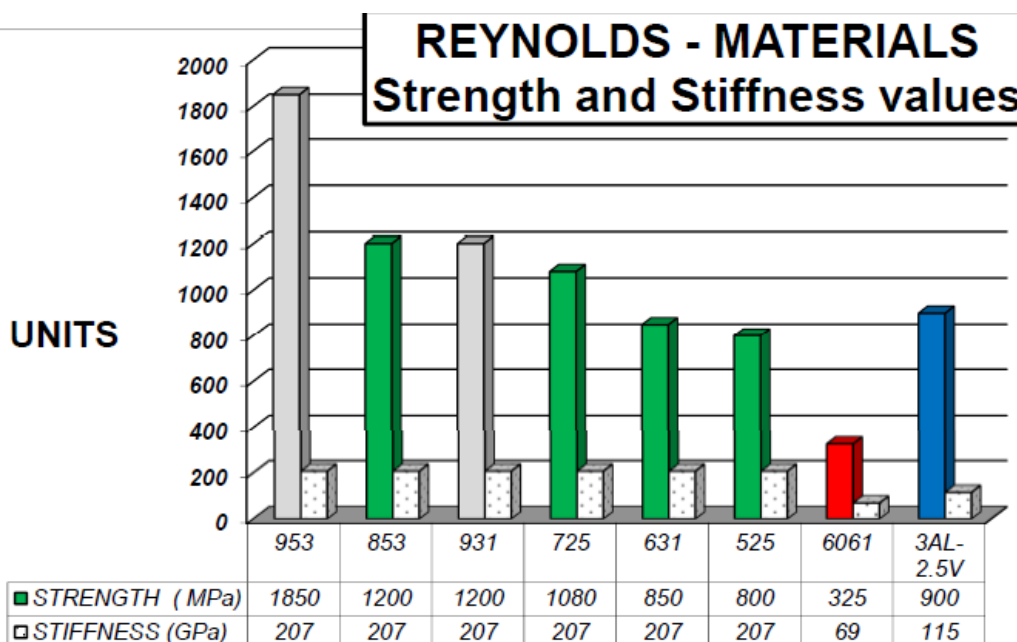
Hay varias razones para esto, pero básicamente la principal es la siguiente. Una fusión en soldadura combina una superficie relativamente rugosa con una repentina transición de rigidez y la combinación actúa como una importante concentración de tensiones. También hay más trastorno metalúrgico dentro de la zona calentada. La soldadura en bronce es utilizada para reducir estos efectos y así permitir espesores de pared más finos. Así mismo los esfuerzos de fatiga eran considerablemente menores. Habiendo dicho esto, los largos cordones de soldadura asociados a la soldadura manual o de gas son el mayor problema aquí.

Tal cual salido del laminador Reynolds 531 tiene un dato mínimo de especificación del 10% de elongación. Sin embargo, cuando era producido por Reynolds, se ponía mucho empeño en que el material tuviera la suficiente ductilidad para que pudiese soportar los requerimientos de doblado típicos en una motocicleta. Actualmente el porcentaje de elongación está más cercano a rondar el 18%. Generalmente se usa el material tal y como sale del laminador y no es en absoluto necesario que sea templado.

Sin embargo, desde que el 531 dejó de hacerse en Reynolds es justo decir que el material puede que haya dejado de ser adecuado para doblarse en frío. De todas formas, el nuevo suministrador insiste en que el tubo producido tiene al menos un 20% de elongación y que, a pesar de que la fuerza que hay que suministrar para doblarlos es importante, se doblan muy bien.

Propiedades Mecánicas de los aceros Reynolds

Los valores comparativos de resistencia a la tracción en MPa y la rigidez en GPa.



En resumen, tenemos que las características mecánicas de los aceros Reynolds son:

	Reynolds						
	Air- hardening steel		Chrome- Moly steel		Maraging stainless steel	931	531
	853	631	725	525	953		
Resistencia de rotura mínima (MPa)	1200	800	1050	750	1650	1100	772
Límite elástico mínimo (MPa)	1000	650	800	600	1450	1000	694
Elongación min %	8	10	8	10	8	8	10
Ratio de Poisson	0,34	0,34	0,34	0,34	0,30	0,32	Reynolds no suministra
Máxima longitud (mm)	740	740	740	740	740	740	
Rango de diámetros (mm)	22,2-44,5	22,2-44,5	19-41,3	19- 41,3	16- 38,1	16-38,1	
Rango de espesores (mm)	0,4- 2,2	0,4- 2,2	0,6-1,2	0,6- 1,2	0,4- 0,7	0,4- 0,7	
Soldabilidad	Buena	Muy buena	Regular	Regular	Inviabile	Muy difícil	Difícil

6.4.2. AISI 4130

Creo que es de gran importancia estudiar el AISI 4130, ya que muchos de los aceros Reynolds están basados en su composición y comportamiento. Además de esto, en el libro de Tony Foale, sugieren que se utilice dicho material.

Es un acero al cromo molibdeno que le confiere al material una fuerza suplementaria, mientras mantiene su soldabilidad y la capacidad de deformación en frío. Son aleaciones con poco % de carbono para facilitar la soldadura.

4130 es la aleación de acero de media resistencia más usada en motociclismo. Su bajo precio refleja la relativa simplicidad de fabricación que puede llevarse a cabo en menos pasos que en el caso del T45. Tiene buena penetración de temple y con buenas características de estabilidad hasta temperaturas de más o menos 400°C. Además de esto, tiene una elevada resistencia al deslizamiento en caliente y no presenta fragilidad de revenido. Para piezas que necesitan una dureza superior se debe usar 4140 o 4150

Sin embargo, el problema del 4130 es que hay que asegurarse de que tenga suficiente ductilidad, ya que con un valor mínimo de 10% de elongación no lo hace muy apropiado para trabajos en frío.

En conclusión, 4130 es otra opción aceptable siendo un material muy resistente pero menos dúctil.

6.4.3. 15 CVD6

Es una aleación de acero al cromo-molibdeno-vanadio originaria de Francia. En Europa es específico de componentes de aviación como por ejemplo en elementos de montaje del motor. Los equipos europeos de coches de competición lo han usado extensamente para fabricación de chasis. Los tubos disponibles para trabajo en frío tienen típicamente un 22% de elongación y un mínimo de resistencia a tensión de 700 N/mm². Sus características mecánicas son muy similares a las del T45, 531 y 4130. Si no necesita ser doblado, se pueden conseguir valores de 15% de elongación y 1000 N/mm².

Aun así, el 15 CVD 6 es que cuando se suelda con T.I.G se produce una pequeña caída en el esfuerzo que es capaz de soportar debido a su contenido en Vanadio.

6.5. Elección del material

Recogiendo todos los datos de todos los aceros posibles, obtuvimos la siguiente tabla.

	Reynolds									
	Air- hardening steel		Chrome- Moly steel		Maraging stainless steel	931	531	4130	15 CDV 6	T 45
	853	631	725	525	953					
Resistencia de rotura mínima (MPa)	1200	800	1050	750	1650	1100	772	670	980	700
Límite elástico mínimo (MPa)	1000	650	800	600	1450	1000	694	435	790	620
Elongación min %	8	10	8	10	8	8	10	25,5	11	
Ratio de Poisson	0,34	0,34	0,34	0,34	0,30	0,32	Reynolds no suministra			
Máxima longitud (mm)	740	740	740	740	740	740				
Rango de diámetros (mm)	22,2- 44,5	22,2. 44,5	19- 41,3	19- 41,3	16- 38,1	16- 38,1				
Rango de espesores (mm)	0,4- 2,2	0,4. 2,2	0,6- 1,2	0,6- 1,2	0,4- 0,7	0,4- 0,7				
Soldabilidad	Buena	Muy buena	Regular	Regular	Inviabile	Muy difícil	Difícil	Regular	Mala	Buena

7 FABRICACIÓN CHASIS

7.1 Tipos de chasis

A lo largo de la historia se han diseñado muchos chasis diferentes: de espina central tubular, doble viga, chasis de cuna, chasis triangulados, etc.

Sin embargo, hoy en día, existen dos opciones que son las más utilizadas: doble viga de aluminio y chasis tubular de acero. El primero, es el más utilizado por la mayoría de fabricantes, ya que facilita una buena accesibilidad al motor y la colocación de un gran airbox. En cambio, el segundo queda relegado a marcas más bien minoritarias, pero de una gran tradición en el uso de chasis multitubulares, como la marca italiana Ducati. La gran ventaja de este tipo de chasis radica en la gran rigidez torsional que otorga al conjunto de la motocicleta. Además, la sección del tubo juega un papel muy importante a la hora de dar rigidez a la moto.

He aquí un ejemplo de los distintos tipos de chasis.

- **Chasis triangulados:**

Se dice de aquel tipo de chasis basado en la soldadura o unión con pegamentos de alta resistencia de tubos de acero o aluminio que forman una red de largueros y travesaños alrededor del motor de la moto.

La ventaja de este chasis es extraordinaria rigidez, con un bajo índice de peso en función del material que empleemos, ya sea acero al cromo molibdeno o aluminio.

Como antes he mencionado, una marca que siempre se ha distinguido por el uso de excelentes chasis tubulares es la Ducati.



- **Chasis multitubulares con tubos doblados**



Los chasis multitubulares con tubos doblados son una mezcla de triangulación y la rigidez a flexión y a torsión de los propios tubos.

- **Chasis de espina central tubular:**

Este chasis es especialmente utilizado en Scooters de todas las cilindradas y en algún que otro modelo de moto. Destaca por su sencillez de fabricación, ya que literalmente es una viga de acero que recorre la moto longitudinalmente desde la pipa de dirección hasta el colín.

Sin embargo, su extrema sencillez obliga a que la moto necesite más grosor en esta espina para aumentar su rigidez.



- **Chasis de cuna/ doble cuna de acero:**



Posiblemente puede que sea el primer modelo de chasis utilizado en las motocicletas, copiado directamente de las bicicletas a las que se les acoplaba en sus orígenes un pequeño motor.

Estos chasis suelen ser de acero pavonado. Como su nombre indica forman una cuna por debajo del motor hasta la pipa de dirección junto con otro pequeño chasis estilo espina central que cierra por la parte de arriba para dar mayor rigidez al conjunto. Son chasis de baja rigidez estructural por lo cual suelen ser montados en motocicletas de baja potencia, custom o que no necesiten de altas prestaciones para ser utilizadas, la marca que más utiliza este tipo de chasis es la Harley Davidson.

- **Chasis doble viga de aluminio:**

Es el chasis más utilizado hoy en día en las motocicletas deportivas. Fue introducido y diseñado por Suzuki para sus modelos GSX y supuso toda una novedad en el mercado

Consta de un casco de dos largueros de aluminio que pueden ser soldados o en una sola pieza (Monocasco) que abrazan literalmente el motor, estos chasis son extremadamente ligeros y rígidos llegando al extremo de deportividad en la competición.

Hoy en día la mayoría de motos deportivas o de altas prestaciones utilizan este sistema de chasis.



- **Chasis rígido:**



Es uno de los chasis menos extendidos, peligrosos e incómodos de pilotar.

Son propios de preparaciones custom y HD para exposiciones, básicamente son un chasis doble cuna sin ningún tipo de amortiguación donde el tren delantero y trasero son parte del mismo chasis.

7.1.2. Solución adoptada para el tipo de chasis

Tomando como referencia un estudio realizado determinaré qué tipo de chasis tubular es el más adecuado.

Los resultados de dicho estudio se pueden ver en la siguiente tabla, donde se observa que en flexión lateral es muchísimo más resistente la estructura triangular que la espina central tubular. Sin embargo en torsión sale beneficiada la espina circular. De este modo se opta por un chasis triangulado, el cual tendrá una gran resistencia lateral y el hecho de que sea multitubular aumentará la rigidez torsional.

Tipo de estructura y tamaño del tubo	Rigidez lateral Normalizada %	Rigidez torsional Normalizada %
Espina circular 100 mm diámetro x 1 mm pared	100	100
Espina circular 75 mm diámetro x 1.34 mm pared	56	56
Triangulado 18.75 mm diámetro x 1.5 mm (articulado)	411	36
Triangulado 18.75 mm diámetro x 1.5 mm (soldado)	413	39
Triangulado 28 mm diámetro x 0.91 mm (articulado)	393	37
Triangulado 28 mm diámetro x 0.91 mm (soldado)	399	42

7.2 Dimensionado de los tubos

El diámetro de los tubos y su espesor de pared están determinados por el tamaño, el peso y la potencia de la moto, además del tipo de diseño de la estructura del chasis. Por eso, voy a estudiar los tipos de chasis más comunes en el mercado.

• Chasis triangulados:

Las tensiones en los miembros de este tipo de chasis son principalmente de tracción y de compresión, por lo que no suele ser necesario un gran diámetro para producir una rigidez adecuada del chasis a flexión y a torsión. De hecho, es más importante el área de la sección transversal del metal, es decir, el espesor.

Teniendo un diámetro y un espesor dado, podemos intercambiar el tubo por otro tubo de mayor diámetro y menor espesor, dándonos las mismas rigideces. Sin embargo, si el tubo es demasiado largo en relación con su tamaño, entonces puede que este se doble bajo compresión antes que se alcance la tensión de rotura.

Los tamaños típicos para un tubo de acero pueden variar entre 15 mm hasta los 25 mm de diámetro por entre 1 o 1.5 mm de espesor de pared.

• Chasis multitubulares con tubos doblados:

Consigue su rigidez con una mezcla de triangulación y la rigidez a flexión y a torsión de los propios tubos y, por eso, el diámetro y espesor de los tubos depende mucho del diseño realizado.

Los tamaños varían típicamente entre 22 mm de diámetro y 1,5 a 2 mm de espesor para máquinas pequeñas. En las más grandes los diámetros suelen rondar entre los 38 mm y unos espesores de 1,2 a 2 mm.

• Chasis de espina central tubular:

Empleando un diámetro de 50 mm y un espesor entre 1.2 y 1.5 mm, en las motos de poca cilindrada, no se suele obtener la rigidez deseada. Incluso con tubos mayores de 75 mm y 1.2 a 2 mm no se obtiene mejores resultados en motos de mayor cilindrada. Con este diámetro es mejor evitar paredes excesivamente finas ya que podrían aparecer grietas en las uniones como resultado de deformaciones locales.

Resumiendo, tenemos las siguientes características de tubo:

Tipo de chasis	Diámetro de tubo (mm)	Espesores (mm)
Triangulado	15- 25	1- 1.5
Multitubular con tubos doblados	22- 38	1.2- 2
Espina central tubular	50- 75	1.2- 2

7.2.1. Solución adoptada para el dimensionado de tubo

Como antes he mencionado, nos decantamos por un chasis triangulado, porque en flexión lateral es muy resistente y no tanto en torsión. Sin embargo, como lo íbamos a fabricar de forma que sea multitubular producirá un aumento en la rigidez torsional.

7.3. Material chasis

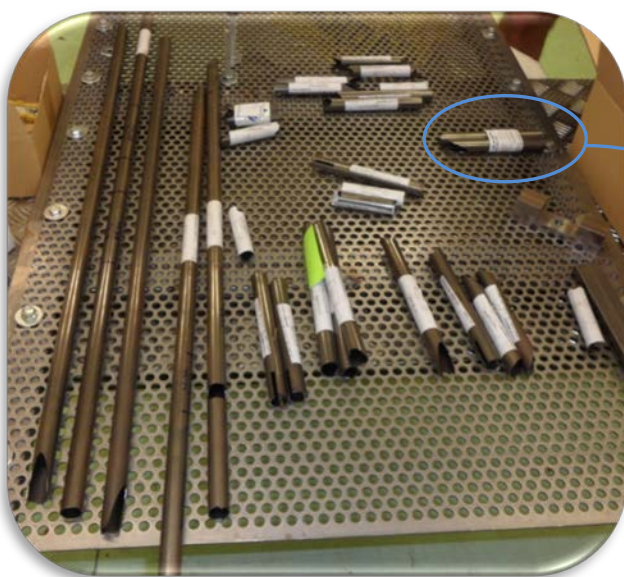
En el apartado de materiales, tras tener en cuenta todas las posibilidades, llegué a la conclusión de que el material que se iba a utilizar en el chasis iba a ser el acero Reynolds 631.

7.4. Secuencia de fabricación del chasis



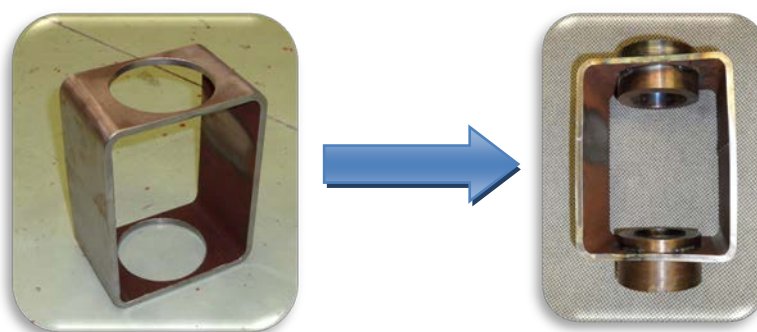
Una vez que **Reynolds** nos envió el acero, procedimos al marcaje de tubos por lotes con respecto a los planos, de forma que los recortes sobrantes fueran de tamaños considerables. De ese modo, en caso de error en el corte o cualquier otro problema, podríamos aprovechar el tubo sobrante.

Después de esto, mandamos a **Laser Ebro** para que los cortara mediante laser. En vez de mandarle los cortes de los tubos en planos, por la complejidad para mostrar el perfil del corte que requería el chasis, les mandamos unos archivos en la extensión que ellos nos pidieron (igs).



A continuación, procedimos con el doblado de los tubos. Al ser el acero del Reino Unido, el diámetro del tubo (19mm) no coincide con el diámetro estándar de Europa. Este es el motivo por el cual en ninguna empresa podían doblarlo asegurándonos que no sufriría un aplastamiento en la zona del doblado. Como disponíamos de poco tiempo, en el taller de la Universidad mediante una plantilla a escala real fuimos doblando poco a poco.

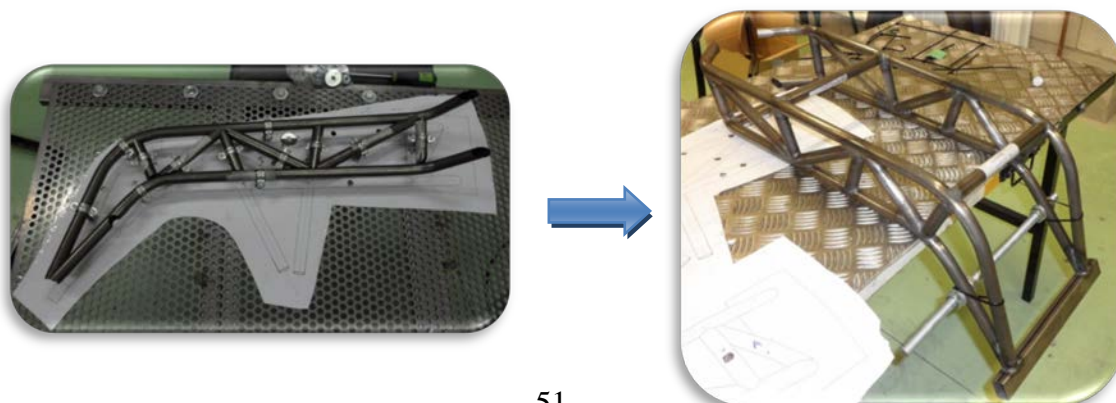
En paralelo al corte por láser y al doblado, nos aprovisionamos de un perfil cuadrado para proceder con el corte y hacerle un agujero en el centro, donde van los semi ejes de la dirección. A su vez, también premecanizamos 2 cilindros que posteriormente se soldaron en el agujero que se realizó en el perfil.



Después de cada operación nos aseguramos mediante una inspección ocular que las operaciones realizadas se correspondían con los planos de fabricación.

El siguiente paso es la soldadura. La **Fundación Elkarte** nos soldó los tubos, mediante el utillaje que fabricamos en el taller de la Universidad.

El utillaje diseñado para soldar es muy básico. No está pensado para la realización de una serie de prototipos, ya que colocar todos los tubos en dicho utillaje es muy manual y un poco complicado. Dicho utillaje, es una chapa perforada en el que se pega una plantilla del chasis a escala real. De tal forma, que solo hay que coincidir los amarres del utillaje con los agujeros de la chapa y con la situación de la plantilla. La soldadura del chasis la realizamos en dos fases: primero la mitad izquierda y luego la mitad derecha. Una vez soldado las dos mitades, se sueldan los tubos transversales que le otorgan la rigidez necesaria al chasis.

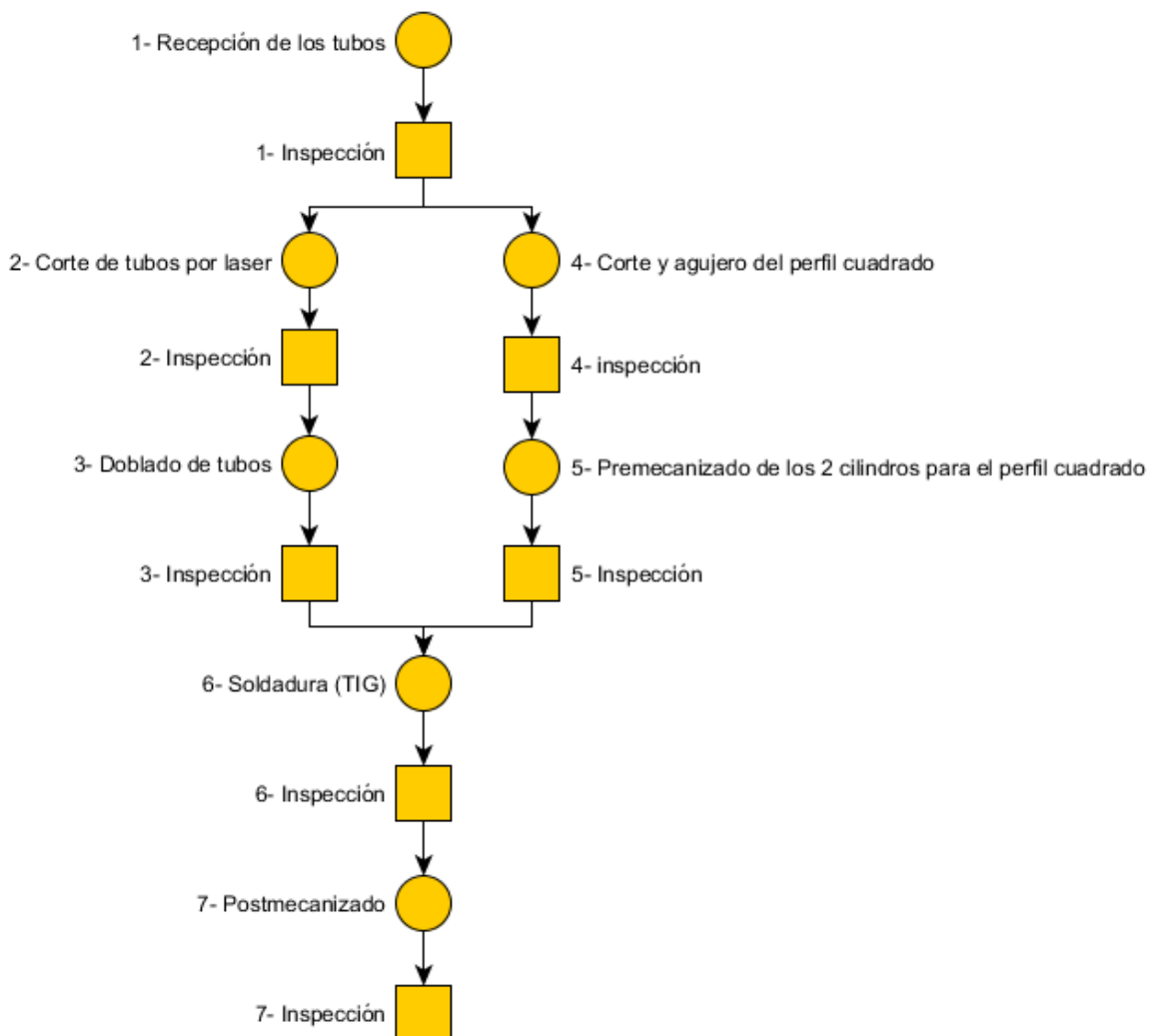


Cabe destacar que el acero Reynolds 631 es un acero que no requiere de tratamiento térmico, ya que no necesita liberar tensiones residuales generadas con la soldadura.

Por último, al chasis ya soldado le realizamos un mecanizado final de precisión para que todos los huecos de las chapas que se le han soldado y donde van a ir localizados varios ejes sean coaxiales, paralelos entre sí y no presenten ninguna distorsión ni desajustes en las medidas.



He aquí el diagrama de flujo que representa la secuencia de fabricación del chasis:



Siendo el resultado final del chasis el siguiente:



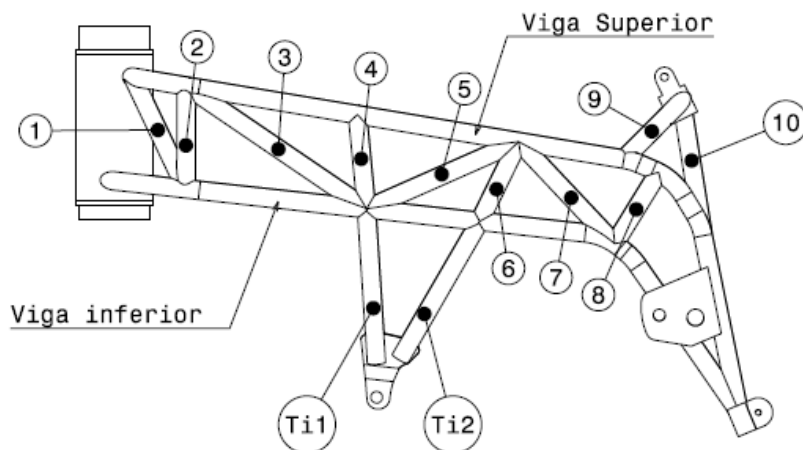
7.5. Soldadura chasis

Por las propiedades del Reynolds 631 tiene muy buena disposición para ser trabajado en frío, especialmente indicado para estructuras soldadas, debido a su óptima soldabilidad mediante soldadura T.I.G. y soldadura fuerte. En el calor de las zonas afectadas por conjuntos ganará fuerza. Apenas se produce distorsión y las tensiones internas que se dan por la soldadura son bastante escasas. Además la resistencia que se pierde debido al proceso de soldadura es casi insignificante.

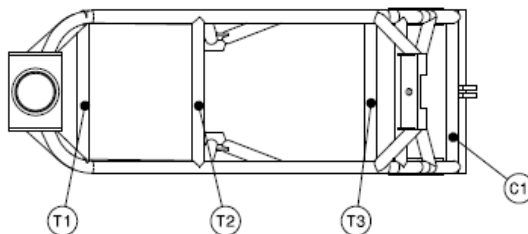
7.5.1. Secuencia de soldadura

El chasis que diseñamos es simétrico, por lo que trabajé sobre un lado, el izquierdo en concreto. Los tubos simétricos los designamos con ' a diferencia de los originales, de manera que el Tubo 1' es el simétrico del Tubo 1 (pero no son iguales al cortarlos)

Sin embargo, los tubos 5' y 6' no existen porque son iguales que el 5 y el 6. Por eso de estos dos tubos son necesarias dos unidades (una para cada lado).



Empezamos por colocar la viga inferior y la superior en el utillaje y una vez puesto en la posición correcta, empezamos a colocar las barras que triangulan el chasis: barras del 1 al 8. Después de soldar la mitad derecha, hicimos lo mismo con la mitad izquierda, para después soldar las 3 barras transversales que le confieren al chasis buena rigidez.



Así pues, tuvimos la forma básica del chasis. Con sumo cuidado colocamos los tubos 9 y 10 en la posición correcta, para que el anclaje del amortiguador quede en la posición idónea.

Colocamos los tirantes 1 y 2 en su posición comprobando con el motor que la posición que toman sea factible. Cabe destacar que para ser más precisos, esta soldadura la hicimos una vez que estuvieron montadas la pipa de la dirección, las horquillas y el motor.

El último detalle fue soldar las chapas, donde más adelante se iban a alojar los ejes, y la chapa triangulada de los tirantes. Al postmecanizar se posicionaron los agujeros, se mantuvieron las tolerancias geométricas, por lo que no es de gran importancia la situación exacta (nos podíamos permitir un pequeño error)



8 FABRICACIÓN DEL BASCULANTE

8.1. Tipos de suspensión trasera

Debido al dominio de los chasis rígidos utilizados en las competiciones, la suspensión trasera empezó a utilizarse varias décadas más tarde que la suspensión delantera. También un motivo fue que el comportamiento de los primeros kits de conversión que aparecieron (ideados para instalarlos en motocicletas de chasis rígido) fue muy malo.

- **Sistema Plunger**

Este sistema fue el primero que empezó a usarse ampliamente, debido en parte a que éste era el sistema que se podía adaptar de manera más fácil a un chasis rígido. Pero sus limitaciones quedaron patentes desde el principio:

- 1.- La incorporación de los muelles hacía que cada lado podía flectar de manera diferente
- 2.- La resistencia de la rueda a inclinarse dependía de que la rueda estuviera sujeta de forma muy rígida al sistema.



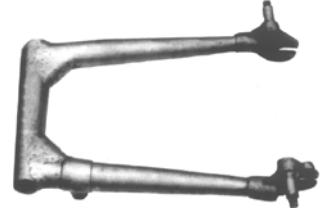
- **Basculante**

La mayoría de fabricantes consideraron que los chasis rígidos que producían eran adecuados para intentar montarles la suspensión trasera con basculante. Pronto se reconoció que este sistema era mejor que el Plunger.

Algunos ejemplos de basculantes pueden ser el Vicent- HDR que construyó un basculante triangulado, consiguiendo un sistema muy rígido y resistente al construir un basculante muy ancho en la zona de pivotaje y con ambos brazos triangulados. Además empleaban rodamiento de aguja precargados para eliminar el juego.

Moto Guzzi también optó por triangular sus basculantes al introducir la suspensión trasera, aunque más tarde cambiaron a un basculante plano fabricado soldando tubos de gran diámetro, afirmando que eran igual de rígido a torsión y más rígido lateralmente.

Otro tipo de basculante construido para dar gran rigidez sin estar triangulado fue introducido por Velocette. Los tubos estaban formados por sección variable.



Al carecer muchos basculantes planos de una rigidez torsional adecuada, se empezaron a montar parejas de amortiguadores ajustados para tratar de esta forma minimizar una de las causas de la torsión.

Han existido grandes permutaciones con los tipos de basculantes y los amortiguadores. Por ejemplo, el primer basculante de Moto Guzzi estaba triangulado por debajo del eje de giro, para intentar conseguir un centro de gravedad bajo. Luego surgió una nueva manera de amortiguar la parte trasera, esta era a través de bieletas. En el primer diseño montaba un solo amortiguador que se situaba de manera vertical detrás de la caja de cambio y se anclaba al chasis por su extremo inferior. Este basculante se trianguló por encima del eje de giro y se conectó el vértice del basculante al balancín por medio de una bieleta corta. En este caso, el amortiguador ya no estaba anclado al chasis, sino al propio basculante, justo por detrás del eje de giro.

El proposito de ambos diseños era conseguir una resistencia que se fuera endureciendo progresivamente conforme subía la rueda (usando un muelle con una dureza constante), de forma que se pudiese conseguir un sistema de amortiguacion sensible a los pequeños baches y que aumentara el control en los grandes.

En la actualidad, es en esta parte donde existen más variedad de diseños en las motocicletas. No hay un sistema de amortiguacion trasero universal como ocurre en el caso de la suspension delantera con las horquillas telescópicas.

8.2. Tipo de basculante

- **Monobrazo**

Un basculante de una sola cara es un tipo de brazo oscilante que se encuentra a lo largo de un lado de la rueda trasera, permitiendo que dicha rueda pueda ser montada como una rueda de automóvil (a diferencia de la motocicleta convencional de doble brazo).





sistemas monobrazo.

Los basculantes monobrazos se encuentran tradicionalmente en las motocicletas pequeñas y scooters, pero no empezaron a considerarse como una opción seria para motocicletas deportivas grandes y para motos de competición hasta que no aparecieron las Elf de resistencia diseñadas por Andre de Cortanze. Desde entonces ha existido diversidad de opiniones con respecto a esta solución. Las motos con transmisión por cardan han conseguido un gran volumen de fabricación de

Este tipo de basculante necesita ser mucho más rígido que las versiones de doble cara para acomodar las fuerzas de torsión adicionales y como consecuencia, son más pesados que los brazos de doble cara. Además, tener un único punto de montaje garantiza una alineación de la rueda.

El primer basculante fabricado de este tipo fue a finales de 1940. En 1948, el R100 inmediata producida por Norbert Riedel de Alemania tenía tan solo una sola cara de suspensión de la rueda delantera, así como un basculante trasero de una sola cara que hacía las veces de un tubo de escape.

Las ventajas de un monobrazo son:

- Simplifica la extracción de la rueda trasera, lo que implica aflojar una sola tuerca y tirar de la rueda del eje.
- Se puede permitir que la corona sea separado de la propia rueda. Esta característica permite un completo cerrado en baño de aceite final de la transmisión de la cadena, pero mientras que los scooters siempre han utilizado esta ventaja, las motocicletas grandes rara vez lo hacen, a pesar de que sus cadenas se beneficiarían de dicha protección.
- Da una moda "limpia" la apariencia a la parte trasera de la moto

• **Doble brazo o basculante “convencional”**



Sin embargo, la mayoría de los fabricantes todavía utilizan el diseño estándar de los últimos 50 años, el basculante de doble brazo. En realidad, probablemente se puede hacer que ambos trabajen igual de bien dependiendo de la calidad del diseño de detalle. La facilidad de cambio de rueda debería ser una gran ventaja para el monobrazo en carreras de resistencia.

8.2.1. Solución adoptada

En nuestro caso, pensamos que era más fácil realizar un basculante de doble brazo por una razón muy sencilla: la simetría. Es decir, es más fácil calcular la distribución de pesos si es un basculante simétrico, y de esta forma, podemos calcular el centro de gravedad de la moto y no tener que poner ningún contrapeso para compensarlo.

8.3. Dimensión de los tubos y material del basculante

Utilizamos la misma resolución que en el chasis para decidir el diámetro de los tubos y el material elegido también fue el acero Reynolds 631.

8.4. Secuencia de fabricación del basculante

Al igual que en el bastidor, la secuencia de fabricación del basculante es muy parecida y comienza con la recepción de los tubo.

Tras verificar los tubos, se trabajó en dos frentes en paralelo. Por un lado, se mandó los tubos a que los cortasen por laser en **Laser Ebro** (igual que los del chasis) y posteriormente se doblaron en el taller de la Universidad. Por otro lado, se premecanizaron las puntas del basculante, donde iba el tensor de la cadena, y también se pre mecanizaron el tubo donde iba alojado el eje del basculante.



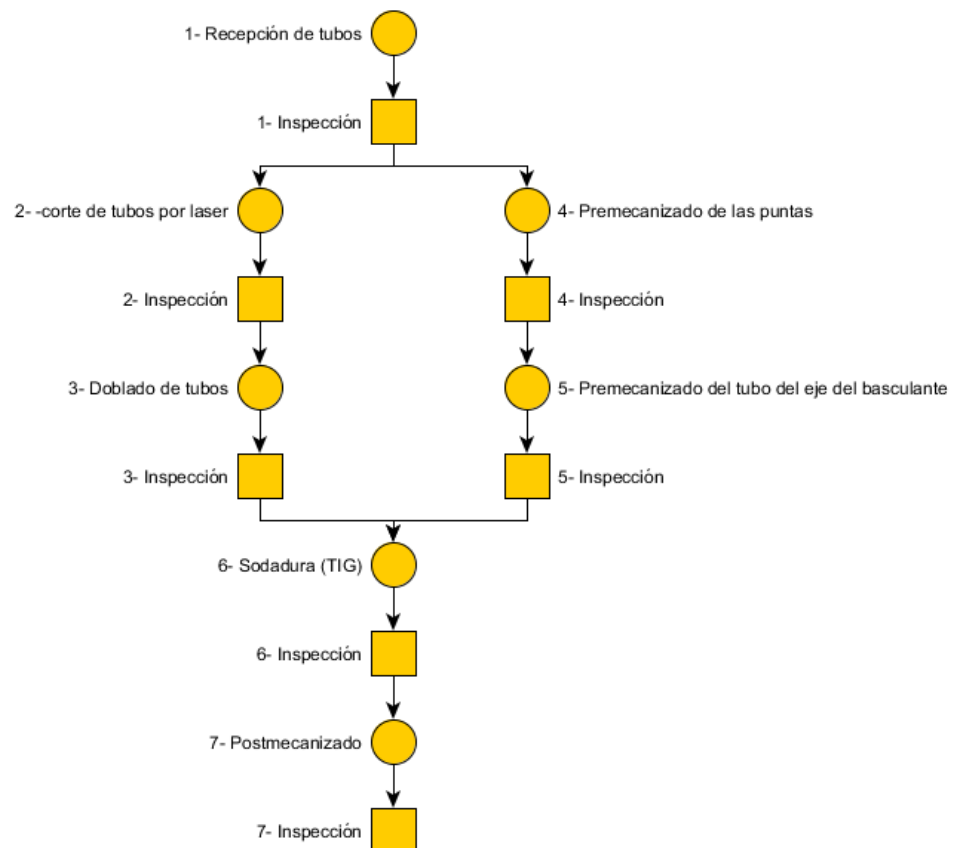
Puntas del basculante
premecanizadas



Una vez provisto de todos los elementos del basculante se soldó mediante soldadura TIG en **Elkarte**. Para ello, nos ayudamos del utillaje que construimos para el basculante. Es del mismo estilo al utillaje del chasis, aunque, en esta ocasión, no trabajamos sobre dos mitades y luego las unimos. En este utillaje, se montaron las barras curvadas y las barras que triangulan el basculante, además de las puntas y el tubo premecanizado.

Una vez que ya estuvo todo soldado, al no tener que tratar térmicamente el acero, se llevó el basculante al centro de mecanizado, para un postmecanizado de precisión donde se le realizaron los agujeros y se le aplicaron las tolerancias geométricas pertinentes.

Este es el diagrama de flujo que representa la secuencia de fabricación del basculante:



Siendo el resultado el siguiente:



8.5. Soldadura basculante

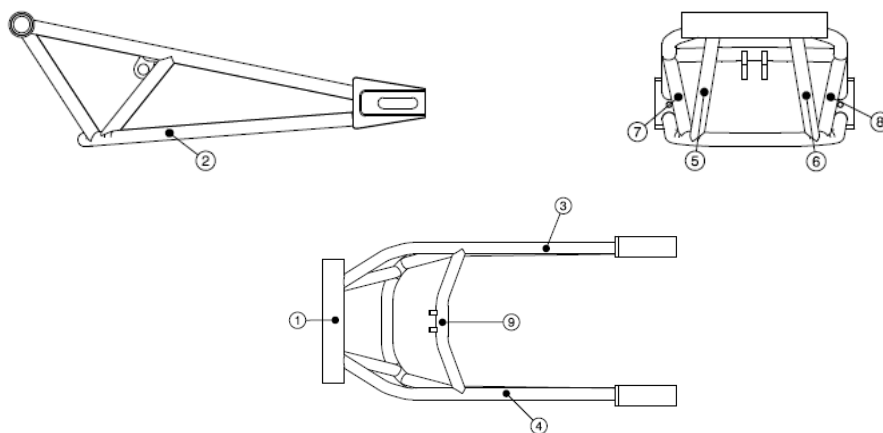
Como antes he mencionado, el acero Reynolds tiene muy buenas propiedades para realizar estructuras soldadas.

8.5.1. Secuenciación soldadura basculante

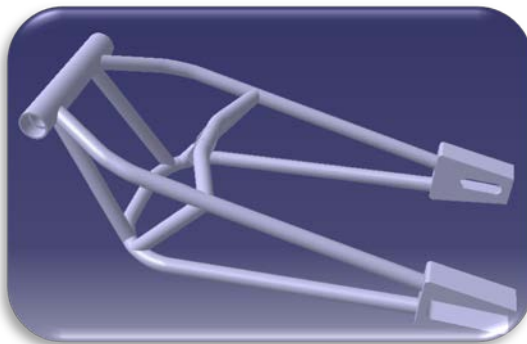
En este caso no es posible trabajar sobre 2 mitades y luego unir las, aunque el basculante sea simétrico. Esto se debe a que el tubo inferior es un mismo tubo doblado. Por eso, el utillaje que diseñamos fue de estilo similar, pero a la hora de soldar se trató el basculante como un solo conjunto.

Por todo lo mencionado anteriormente, colocamos en la base del utillaje el tubo 2. Después, el tubo 1 (tubo premecanizado) lo sujetamos bien en el amarre que lo sitúa en la altura adecuada. Cuando ya tuvimos estos dos tubos bien sujetos, colocamos las puntas del basculante, para seguir posicionando los tubos 3 y 4.

Por último pudimos colocar los tubos que triangulan la estructura: tubos 7, 5, 6 y 8, y el transversal 9.



Se obtuvo el siguiente resultado:



9 FABRICACIÓN DEL AIRBOX

9.1. Fabricación en fibra de vidrio

Antes de empezar a explicar cómo se fabricó el airbox, voy a comenzar por exponer cómo se trabaja con la fibra de vidrio.

Lo primero de todo es hacer un molde de la pieza que queremos fabricar en fibra de vidrio. Si tenemos una pieza y lo que queremos es hacer una copia, se procede por limpiar la pieza y tapar todos los agujeros con plastilina o precinto. En caso de que no tengamos la pieza en sí, debemos hacer una pieza de poliespan o cartón.



Cuando ya tenemos la pieza limpia o la de poliespan hay que enmasillar con escayola, dándole una ligera capa aplicada con un pincel. Hay que tratar de hacer los moldes de escayola de uno en uno, porque si hacemos todo el carenado a la vez, no da tiempo y la escayola se pone dura. No nos conviene que se endurezca, ya que no cubrirá todos los recovecos de la pieza. Después de unos 10 o 15 minutos, volvemos a dar otra capa de escayola. Media hora después, más o menos, le damos otra capa de escayola con esparto. Así, conseguimos que el molde endurezca más y que al desmoldar no se rompa. Dejaremos secar un día entero

Una vez seco el molde, pasaremos a desmoldarla pieza que queremos replicar o la pieza que hemos fabricado de poliespan. Con mucho cuidado, vamos estirando de la pieza de plástico hacia un lado teniendo el molde apoyado en la mesa. El resultado es que la zona interior del molde de escayola es muy lisa y fina.



Sin embargo, siempre quedan fallos. Con arcilla o plastilina rellenaremos los pequeños agujeros que tengan los moldes y daremos forma a las esquinas que se hayan podido estropear.



Cuando ya tenemos el molde preparado, empezamos a aplicar la fibra de vidrio. Para ello necesitaremos:

- Gel coat: base blanca o incolora. Viene con un catalizador que hay que mezclarlo al 2% con el gel coat para que seque.
- Fibra de vidrio en manta.
- Resina: lleva catalizador y se mezcla en las mismas proporciones que el gel coat.
- Pinceles.
- Una botella de acetona.
- Cera desmoldeante.



El gel coat es un producto que le va a conferir un acabado fino a nuestras fibras, ya que va a ser lo que se vea al desmoldar la fibra de vidrio de la escayola. Pintamos, por tanto, la pieza con el gel coat, siendo el tiempo de secado aproximado de media hora. Es entonces cuando podemos empezar a aplicar la fibra de vidrio.



En cuanto a la aplicación de la fibra de vidrio, hay que tener en cuenta que para aplicar la fibra hay que hacerlo en tiras de unos 20x8 cm aproximadamente y otras más pequeñas para los lugares más difíciles. Se coge la resina y se pone en un bote y echamos la medida de catalizador anteriormente mencionada. El catalizador depende del tiempo que haga, es decir de la temperatura ambiente, por lo que si hace frío se añade un 2% de catalizador y si hace calor un 1%.



Empezamos a presentar la fibra encima del molde y lo empapamos bien de la mezcla de resina y catalizador, y así con cada pedazo de fibra de vidrio hasta darle el espesor deseado. Lo habitual es aplicar 2 o 3 capas de fibra para obtener una buena rigidez. Se pueden aplicar más capas, pero también le conferirá más peso a la pieza.

Una vez terminado de aplicar la fibra, hay que dejar secar la pieza un par de horas, hasta que la resina deje de estar pegajosa. En ese mismo momento podemos desmoldar con mucho cuidado. Veremos cómo sale la pieza ya con la forma original y lisa, aunque en algún sitio nos saldrá algo de plastilina pegada. También puede ocurrir que se quede la

escayola en algunos sitios pegada al gel coat, pero con una lija se puede quitar en cuestión de segundos.



Hay piezas de la moto que por su forma no se pueden hacer todo de una vez, ya que resulta imposible desmoldar. Haremos el molde y luego la cortamos por la mitad. Por último, lo uniremos con fibra de vidrio.

Cuando ya tenemos la pieza de fibra en nuestro poder, veremos que en los bordes le sobra fibra de vidrio. Para quitar estos sobrantes, lo haremos con una radial, poco a poco, dándole la forma que queremos.

En el caso de que tengamos que unir varias piezas, las presentaremos en la moto encajándola en su sitio. Cuando estemos seguros de que la posición es correcta, le pegamos una pequeña tira de fibra de vidrio (con una sola tira por fuera es suficiente). Una vez que se seque la tira de fibra quitaremos la pieza de la moto y pondremos más fibra por el interior de la pieza. A dichas tiras se les aplica masilla de carroceros de relleno y de terminación para tapar los poros que quedan.



Unión entre dos piezas



Pieza enmasillada

Por último queda lijar la pieza enmasillada. Pasando la yema por encima de lo lijado sentiremos como va quedando el trabajo que estamos haciendo. Cuando vemos que tenemos todo bien lijado, es hora de empezar a darle una mano de imprimación: la imprimación es una base para que la pintura agarre mejor. Por último procederemos a pintar el carenado fabricado.

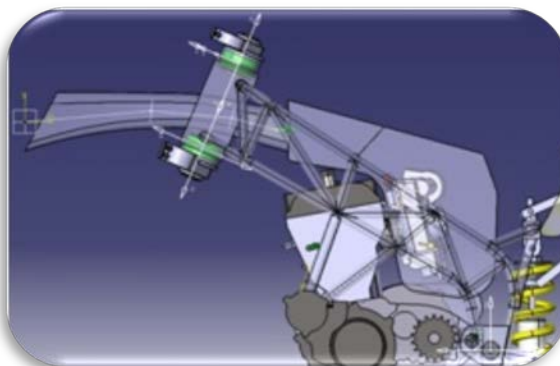


Una vez puesta la pintura le daremos una buena capa de laca brillante. Esa laca hay que pulirla 24 horas después. Lijamos el carenado haciendo círculos muy suaves sin hacer mucha fuerza. Una vez tengamos toda la moto lijada, la lavaremos con agua y jabón y compraremos pulimento. Con la ayuda de un disco de algodón puliremos toda la moto.

9.2. Fabricación del airbox

El airbox es una pieza que va en el interior de la moto, es decir, no se ve desde fuera. El carenado y otros componentes de la moto lo tapan. Ese es el motivo por el cual no nos preocupamos en la apariencia de la pieza: no la dejamos ni lisa, ni enmasillada, ni pintada. La dejamos en fibra de vidrio.

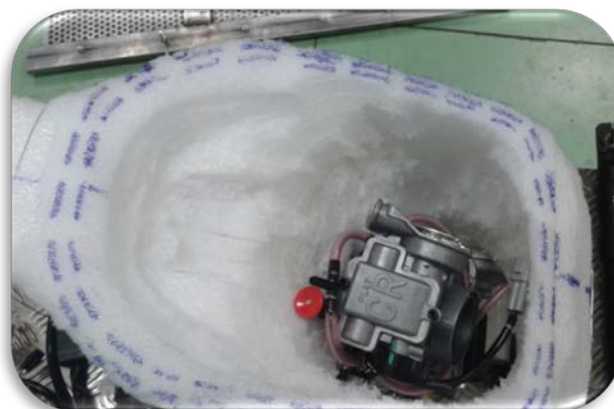
Un compañero era el encargado del diseño del airbox, calculando la cavidad que debía tener la caja de presión y la forma geométrica. En la maqueta 3D montaron el airbox definitivo, obteniendo el siguiente resultado:



Como se puede ver, dentro de la cámara de presión del airbox se encuentra alojado el carburador de la moto.

Para empezar con la fabricación del airbox, comenzamos con hacer la pieza en poliespan. La primera prueba que hicimos, el airbox era hueco y comprobamos qué geometría tenía que tener el exterior. Sabíamos que el interior debía tener un acabado muy fino y que no tenía que quedar ninguna fibra suelta. De no ser así, en la admisión tendríamos problemas causados por estas fibras tan duras y surgirían grandes problemas mecánicos.

Este fue el primer intento:



Tras este fallido intento, decidimos que era mejor para fabricar que la pieza fuera maciza, puesto que así tendríamos la geometría exterior completa. Así pues, lo introducimos en nuestro chasis, para comprobar si entraba o no. Nos dimos cuenta, que íbamos a tener problemas para introducir la pieza entera, por lo que decidimos que el conducto lo haríamos en 2 piezas.



El resultado final es el siguiente, siendo el airbox desmontable por el conducto:



10 FABRICACIÓN DE DIVERSAS PIEZAS

10.1. Ejes y casquillos

Para poder montar el prototipo tuvimos que diseñar y fabricar diferentes ejes que tenían diferentes usos. En esta lista se pueden ver cuáles son los ejes que se fabricaron:

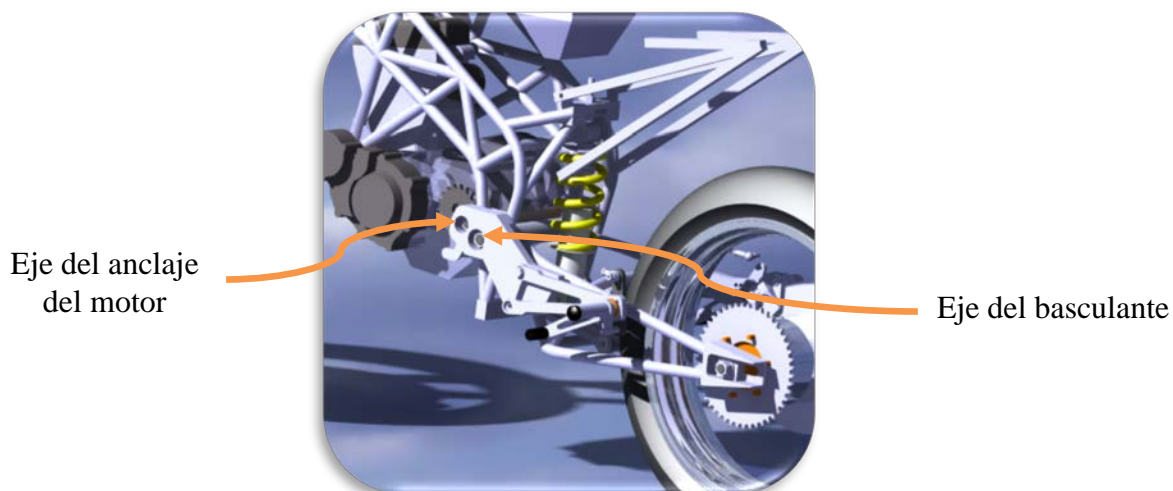
- Eje rueda delantera



- Eje rueda trasera



- Eje del basculante y eje del anclaje del motor



- Eje link- chasis



Cada uno de estos ejes fue fabricado con sus correspondientes casquillos. La finalidad de estos casquillos es centrar las ruedas, los anclajes, soportes de las pinzas...

Los ejes se fabricaron de acero F-125. Se utilizó este tipo de acero porque las tensiones que tiene que soportar son bastante grandes y con este acero aseguramos que no iba a sobrepasar el límite elástico del material.

10.2. Tijas

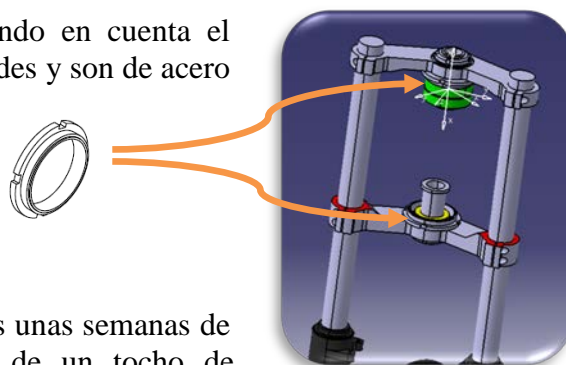


El material con el que fueron fabricadas las tijas fue el aluminio 6820, ya que tiene la suficiente resistencia mecánica y que es muy ligero.

Para este diseño nos basamos en la moto de la edición anterior, ya que no modificamos ninguna cota, ni geometría. Acomodamos el nuevo diseño de la motocicleta a esta tijas.

10.3. Tapa rodamiento dirección

La tapa de rodamiento fue diseñada teniendo en cuenta el rodamiento de la dirección. Se fabricaron 2 unidades y son de acero F-125.

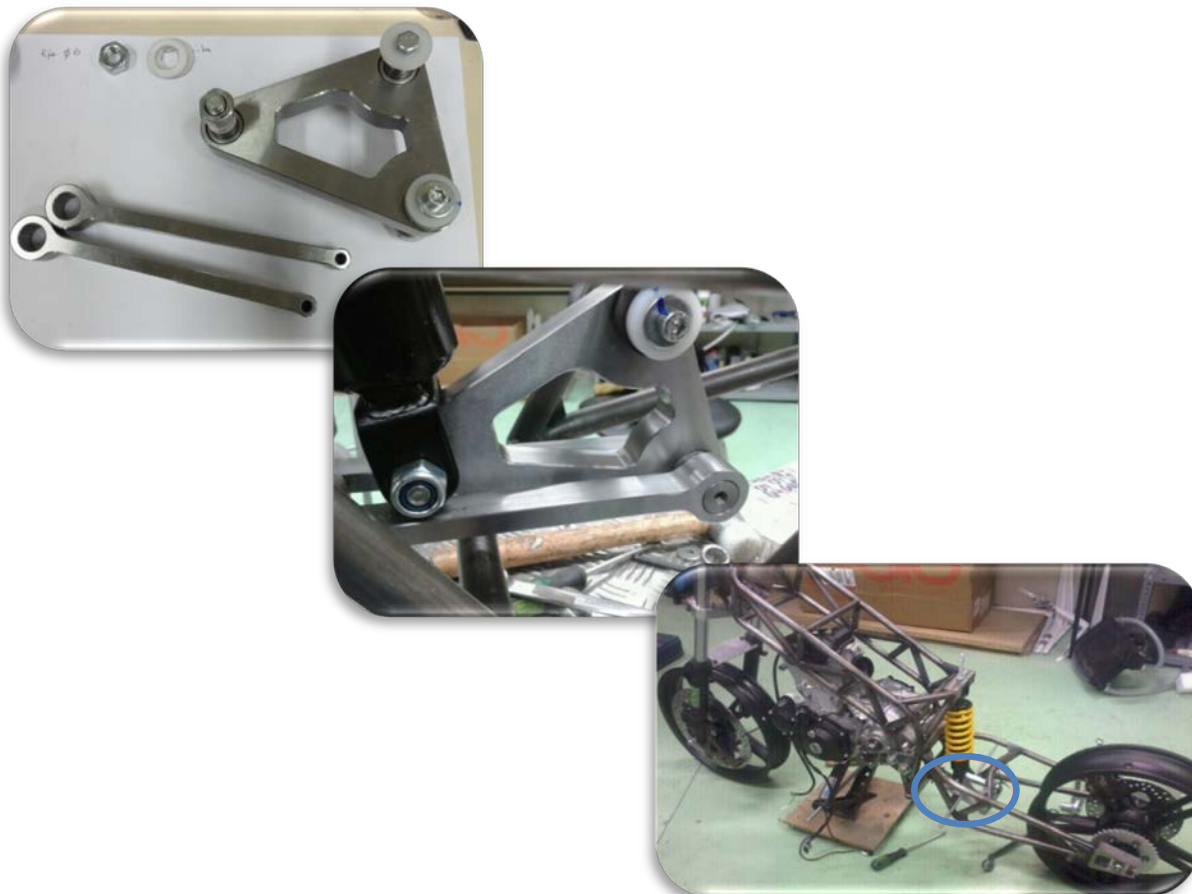


Las tijas fueron fabricadas en Salesianos. Tras unas semanas de trabajo, nos mecanizaron las piezas a partir de un tocho de aluminio, siendo este el resultado.

10.4. Rocker y Link

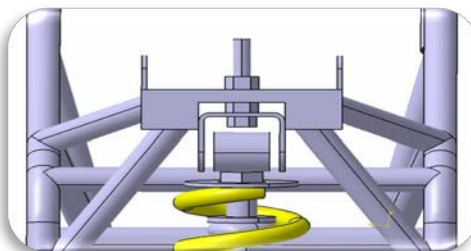
Son dos piezas que unen el chasis, el amortiguador trasero y el basculante. Por medio de esta unión se consigue buena progresividad en el comportamiento de la suspensión.

Teniendo en cuenta que son unos elementos que van a soportar grandes esfuerzos se fabricó de acero F-125. Sopesamos realizarlo en aluminio, pero los ensayos realizados nos dieron unos resultados negativos.



10.5. U regulador altura amortiguador

El regulador de altura del amortiguador es un mecanismo para la modificación de la geometría del sistema de suspensión trasero. De hecho se permite regular la altura de marcha y adecuarla al comportamiento de la horquilla.



10.6. Semi ejes dirección

El eje de dirección fue sido fabricado en 2 mitades, ya que en el hueco que queda entre ellos lo utilizamos para poner el conducto de admisión del airbox.

Estos semi ejes fueron fabricados en acero F-125 y con un buen acabado superficial. La única diferencia entre el semi eje superior y el inferior es la longitud de dicho eje.



10.7. Soporte pinza freno trasero y delantero

Se tuvo que diseñar los soportes de las pinzas, porque las pinzas suministradas por la organización no tenían el anclaje adecuado. Por ello, realizamos estos soportes de aluminio, para que su peso fuera menor.



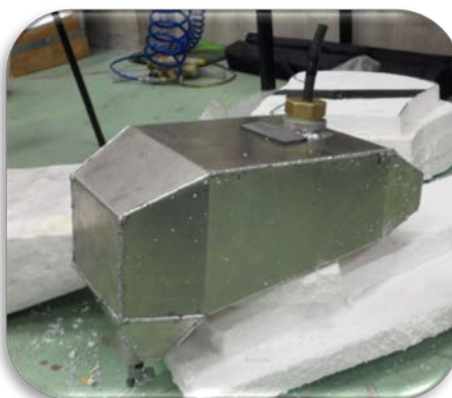
Soporte pinza delantera



Soporte pinza trasera

10.8. Depósito de gasolina

El depósito de gasolina se construyó en aluminio. En concreto, es de chapa plegada y por último fue soldado hasta la tapa de la gasolina.



11 CARENADO

11.1. Fabricación del colín

Tomamos el colín de la Honda RS, que fue utilizada en la anterior edición de Motostudent, como modelo para realizar nuestro colín. Es una copia exacta del modelo, puesto que nos encajaba perfectamente en el subchasis fabricado.

Una vez limpio el colín del cual queríamos hacer una réplica, procedimos poner la fibra sobre él. No tuvimos que hacer ningún molde, por el acabado brillante del colín.

Para poder desmoldar sin tener que romper el colín (rojo), la pieza fue fabricada en 2 partes y luego se unió mediante fibra bidireccional, con un resultado impecable.

En la parte donde está el asiento, la fibra es de 3 capas, para que aguante mejor el peso. En los demás sitios es de 2 capas.



Unión de las 2 partes fabricadas
 en fibra de vidrio

Una vez hecha la pieza en fibra de vidrio, se enmasilló con una masilla específica para fibra de vidrio. Se dejó secar y luego se aplicó otra masilla de acabado, con el objetivo de dejar la pieza lo más fina posible.



Por último, solo quedó darle una capa de imprimación y pintar del color requerido. En nuestro caso, pintamos de color blanco.

11.2. Carenado base

El carenado frontal y la quilla corresponden al de una motocicleta Metrakit.



Es un carenado comercial que lo único que tuvimos que hacer, fue modificarlo para que la quilla nos entrara. Le tuvimos que dar un poco de anchura y a su vez, a la altura del manillar, también tuvimos que retirar un poco de material para que el manillar pudiera girar libremente los grados que se establecían en el reglamento técnico. Con esos pequeños retoques y dándole la rigidez necesaria, mediante capas de fibra de vidrio en las zonas que se habían quedado un poco endebles, conseguimos dejar el carenado preparado para pintar.

El último paso, para poder montar el carenado, fue darle una imprimación y pintar de color blanco.



11.3. Fabricación tapa depósito de gasolina

Para hacer la tapa de la gasolina cogimos como medida el depósito de gasolina. Hicimos un molde en poliespan y después lo cubrimos bien con un plástico que no reacciona al catalizador que se utiliza con la fibra de vidrio. Luego, procedimos con la fibra, la masilla, el lijado, la imprimación y la pintura.

11.4. Puesta a punto

Por último, para personalizar un poco la moto y tras pintar todo el carenado de blanco, pegamos vinilos negros. También, pegamos todas las pegatinas mostrando todos los patrocinadores y colaboradores que nos ayudaron a poder realizar el proyecto, además de los nombres de las personas que aportaron su granito de arena mediante la plataforma de crowdfunding.



12 MONTAJE PROTOTIPO

Antes de comenzar con el montaje del prototipo y el diseño de toda la motocicleta, lo primero de todo fue hacer una lista en la que se muestra por diferentes partes, los componentes de la moto. Como se puede comprobar, los componentes marcados con una “x” son los que la Organización del evento Motostudent nos proporcionó a todos los equipos por igual.

CICLISTICA	
Chasis	
subchasis	
Basculante	
Amortiguador trasero	x
Casquillos para caballete	
protector de cadena (rueda trasera)	

DIRECCION	
Tija	
Amortiguador de dirección	
Semimanillar	
Puños goma manillar	
Topes de nilón del manillar	
Horquilla	x
Tapa rodamiento dirección	

SISTEMA DE FRENO (delantero y trasero)	
Bomba freno delantero y trasero	x
Latiguillos	
Pinza freno delantero	x
Pinza freno trasero	x
Palanca de frenos trasero	
Soporte pinza freno	
Maneta de frenos delantero	x
Deposito de liquido de frenos	x
Discos de freno	
Pastillas	

CARENADO	
Carenado superior e inferior	
Pantalla de carenado	

Araña portacuardo	
Colín	
Soportes colín	
Espuma colín	

MOTOR Y ESCAPES	
Motor	X
Carburador	x
Encendido	
Piñón caja de cambios	
Tubo de escape	
Soporte tubo de escape	

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
Radiador	
Tuberías radiador	
Bomba de agua	
Deposito del agua del radiador	

SISTEMA ELECTRICO	
Centralita	
Cuadro instrumentos (relojes)	
Cableado de encendido	X
Botón de paro de la moto (rojo)	X

PIEZAS VARIAS	
Cadena	
Corona transmisión cadena	
Piñón transmisión cadena	
Tensor de cadena	
Tapón depósito gasolina	
Estriberas	
Soporte estriberas	
Llantas	X
Neumáticos	X
Depósito gasolina	
Conductos gasolina	
Grifo gasolina	
Airbox	

conjunto puño gas	
Conjunto cable gas	
Casquillos varios	
Tornillería varias y tuercas	
Rodamientos varios	

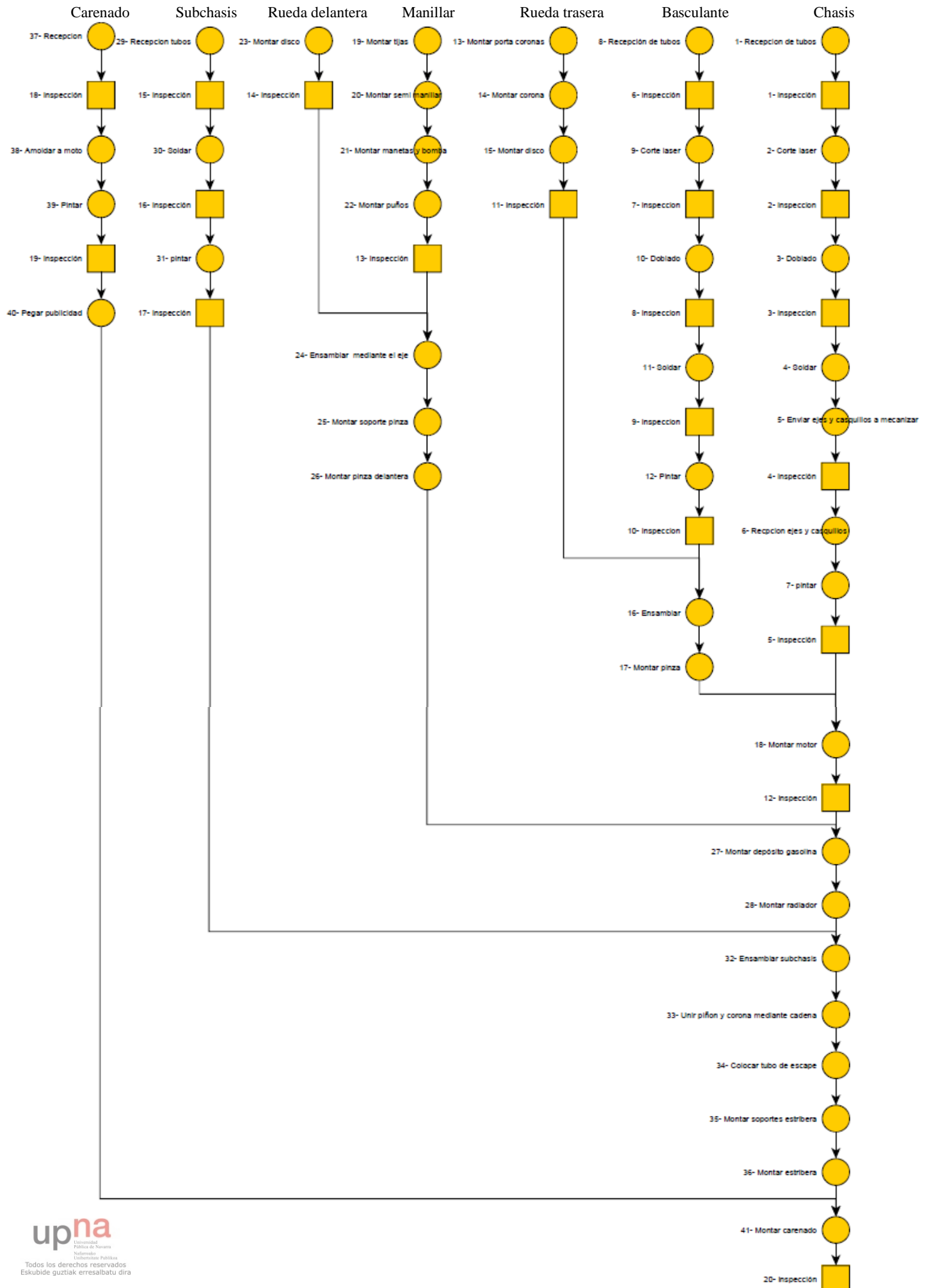
EJES	
Eje dirección	
Eje rueda delantera (horquilla)	
Eje rueda trasera (basculante)	
Eje basculante- chasis	
Casquillos posicionamiento ejes	

SISTEMA DE CAMBIO DE MARCHAS	
Palanca de cambio	
Reenvió de cambio	
Bomba embrague	
Maneta de embrague	

Una vez hecha esta lista, teniendo claro todos los componentes de la moto, ya pudimos proceder al montaje de la moto. Aun así, se realizó un diagrama sinóptico del proceso de montaje de la motocicleta, tal y como se llevaría a cabo en una empresa de fabricación de motocicletas. El objeto de esto, fue llevar un orden durante el proceso de ensamblaje del prototipo.

He aquí el diagrama sinóptico del prototipo:

“Fabricación de un prototipo de moto de competición de categoría Moto 3”

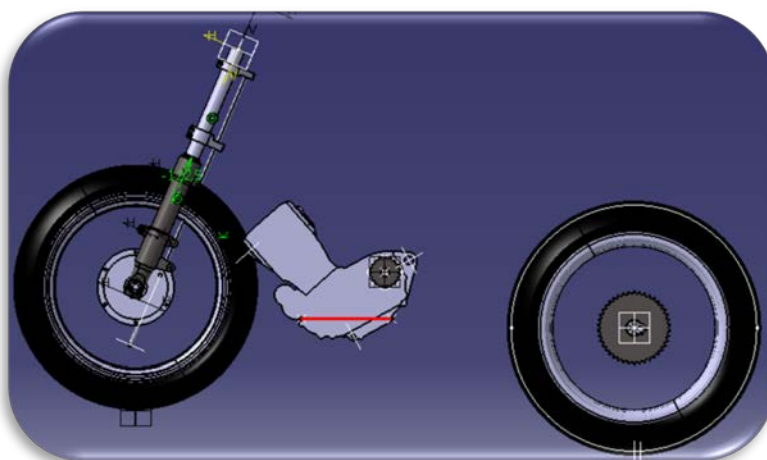


12.1 Evolución maqueta 3D

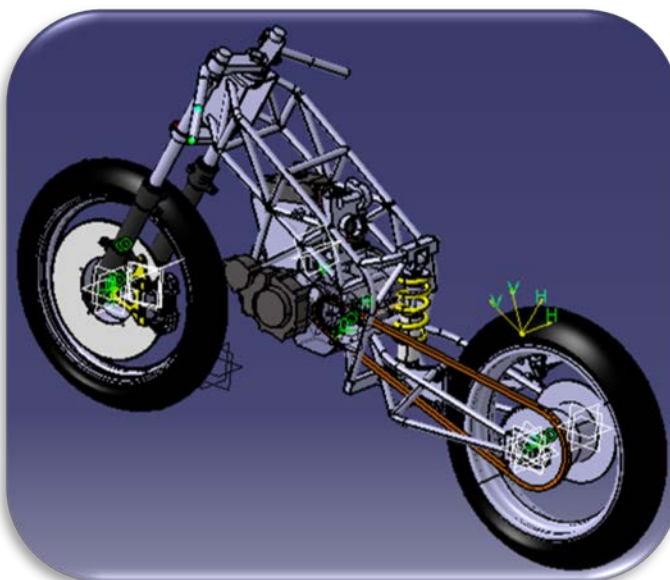
Como ya he comentado anteriormente, antes de empezar a montar la motocicleta, fuimos posicionando todas las piezas en la maqueta 3D. De esto se encargó un miembro del equipo, ya que ese iba a ser su proyecto fin de carrera.

La evolución de la maqueta fue lenta, porque dependía directamente de la evolución de los diseños y de las piezas que teníamos que obtener.

Nada más empezar con el proyecto, lo que teníamos definido era la zona de trabajo, así como distancias entre ejes de las ruedas, tijas, posición del motor...



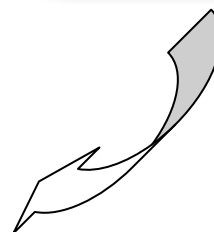
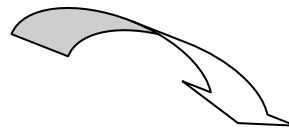
Conforme los distintos miembros de nuestro equipo iban tomando decisiones, la maqueta iba avanzando rápidamente. En la siguiente imagen, la estructura del chasis y basculante estaba siendo analizada por elementos finitos. El material de ambos ya lo había elegido para poder realizar dichos ensayos. Además, ya estaba decidido el posicionamiento del amortiguador, así como el diseño de los soportes de las pinzas de freno trasero y delantero.

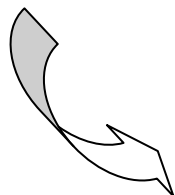
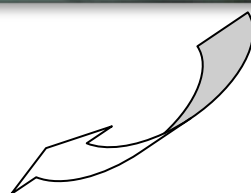
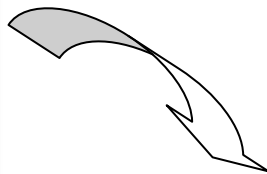


Siguiendo de la misma manera, tras tomar todas las decisiones en equipo, llegó el día de empezar a montar el prototipo. De la maqueta 3 D obtuvimos diversos planos para poder empezar con la fabricación del prototipo. También nos apoyamos en la maqueta para tomar algunas medidas muy difíciles de medir. Así pues, la maqueta final quedó de la siguiente manera:



12.2 Evolución de la fabricación en fotografías





12.3. Verificaciones del prototipo

Para comprobar que el prototipo cumplía con todas las especificaciones técnicas del reglamento técnico y deportivo, realizamos una rutina de comprobaciones.

Lo primero de todo, fueron las comprobaciones sobre el banco de del taller. Se verificó:

- la tornillería
- tensado de cadena
- giro de ruedas en vacío
- funcionamiento de reenvío de cambio
- funcionamiento de suspensiones
- estanqueidad del circuito (lubricación, gasolina, agua)
- horquilla
- funcionamiento del embrague y acelerador
- posición piloto
- presión de las ruedas

Con la moto en el suelo, probamos el subchasis y la altura de las marchas (medidas). Después de esto, con el motor en marcha, pero la moto parada, se comprobó lo siguiente:

- Estanqueidad de depósito de gasolina, agua y aceite
- Tornillería
- Puños gas y embrague
- Funcionamiento del cambio
- Tensión de la cadena
- Funcionamiento botón de paro
- Ajustar régimen de ralentí
- Integridad del escape
- Ruido
- Comprobar si sube y baja bien de vueltas

Otro tipo de comprobación que teníamos que hacer era a baja velocidad. Para hacer este tipo de verificaciones pusimos la moto en marcha y la pusimos rodar en una recta, no muy larga, para que no pudiera coger mucha velocidad. Se verificó:

- La agilidad de la dirección
- Circuito de frenos
- Estanqueidad de lubricación, gasolina y agua
- Acelerador
- Pares de apriete (anclajes motor)
- Vibraciones
- Giros
- Recorrido latiguillo delantero
- Interferencia suspensiones
- Tornillería

- Frenos
- Embrague

Y por último, se hicieron las verificaciones en pista. Se realizaron en las diferentes tandas de entrenamiento, con el fin de ir variando la posición inicial de la suspensión delantera y trasera.

En todas las tandas se comprobó lo siguiente:

- Precarga horquilla
- Tornillería
- Repetir todas las verificaciones de pruebas en recta
- Medir temperatura de: frenos, agua, pinza, deposito de aceite, manquera de entrada y salida del motor, escape y ruedas
- Desgaste frenos

Mediante todas estas comprobaciones conseguimos encontrar los fallos que tenía la moto, como por ejemplo que el tubo de escape rozaba con el suelo cuando entraba en una curva, encontrar la posición correcta de suspensión trasera y delantera...

13 PLANOS DE FABRICACIÓN

En este proyecto he tenido que hacer diversos planos para poder fabricar el prototipo. Estos planos han sido sobre diferentes piezas de la moto, como:

- Ejes: rueda delantera y trasera, basculante, anclaje motor y el de dirección
- Casquillos: rueda delantera y trasera, basculante...
- Chasis: designación de tubos, corte laser, soldadura, postmecanizado...
- Basculante: designación de tubos, corte laser, soldadura...
- Tijas

13.1. Tolerancias y ajustes de fabricación

13.1.1. Consideraciones generales

En el diseño de los productos industriales, la definición geométrica general de las piezas se realiza mediante la acotación. Las piezas individuales se pueden considerar como una combinación de formas geométricas primitivas y/o formas geométricas complejas:

- **Formas geométricas primitivas** imitan prismas, cilindros, conos, toros, esferas etc.
- **Formas geométricas complejas** son aquellas partes de las piezas que están delimitadas por superficies construidas partiendo de curvas, etc.

La acotación expresa el tamaño y la ubicación tridimensional de estas formas en la composición de la pieza.

Hoy en día, al igual que hicimos en nuestro proyecto, la mayoría de los diseños se generan en entornos CAD, siendo el objetivo de este método la creación de un modelo tridimensional. En este modelo, a veces llamado “virtual” las formas son perfectas, aunque en la realidad no hay que olvidar que es imposible obtener formas perfectas. El grado de aproximación a la perfección depende de las exigencias funcionales de las piezas y también del coste límite de fabricación.

Debido a la imposibilidad para poder asegurar las medidas exactas, las nominales, se debe manejar un concepto que asegura la capacidad de ensamblar las distintas piezas. Ese concepto es la tolerancia. Dada una magnitud significativa y cuantificable propia de un producto industrial (sea alguna de sus dimensiones, resistencia, peso o cualquier otra), el margen de tolerancia es el intervalo de valores en el que debe encontrarse dicha magnitud para que se acepte como válida. El intervalo determina la aceptación o el rechazo de los componentes fabricados, si sus valores quedan dentro o fuera de dicho intervalo.

El propósito de los intervalos de tolerancia es el de admitir un margen para las imperfecciones en la manufactura del componente, ya que se considera imposible la precisión absoluta desde el punto de vista técnico, o bien no se recomienda por motivos de eficiencia. Es recomendable especificar el mayor valor posible de tolerancias, mientras la

pieza mantenga su funcionalidad, dado que cuanto menor sea el margen de tolerancia, la pieza será más difícil de producir y por lo tanto más costosa.

13.1.2 Tolerancias Dimensionales

Normas ISO

El Comité Internacional de Normalización ISO, constituido por numerosos países, estudió y fijó el método racional para la aplicación de las tolerancias dimensionales en la fabricación de piezas lisas.

En dicho estudio se puede considerar:

- Grupos dimensionales
- Tolerancias fundamentales
- Desviaciones fundamentales.

Tolerancias Dimensionales

Las medidas nominales se agrupan en una serie de grupos dimensionales con el fin de reducir el número de herramientas, calibres... utilizados en la fabricación y evitar el cálculo de tolerancias y desviaciones para cada medida nominal. Por eso, a las diferentes medidas nominales comprendidas dentro de un grupo dimensional se les aplican las mismas tolerancias y desviaciones fundamentales.

Calidad de las tolerancias

Las tolerancias dimensionales tienen en cuenta la calidad de la pieza. La calidad o índice de calidad es un conjunto de tolerancias que se corresponde con un mismo grado de precisión para cualquier grupo de diámetros. Cuanto mayor sea la calidad de la pieza, menor será la tolerancia.

Los valores de tolerancia dependen directamente de la cota nominal del elemento construido y, sobre todo de la aplicación del mismo. A fin de definir las tolerancias, se establece una clasificación de calidades (normalmente se definen de 01, 1, 2, ...,16) que, mediante una tabla, muestra para determinados rangos de medidas nominales los diferentes valores máximos y mínimos en función de la calidad seleccionada.

Calidades	01 1 2 3 4	5 6 7 8 9 10 11	12 13 14 15 16
Campo de aplicación	Calidades y piezas de gran precisión. Elementos de control para procesos de fabricación (calibres y galgas)	Piezas mecanizadas y ajustadas para construcción de máquinas industriales	Tolerancias de acabado para piezas no ajustadas. Piezas en bruto, laminadas, estiradas, forjadas o fundidas.

Posiciones de las tolerancias

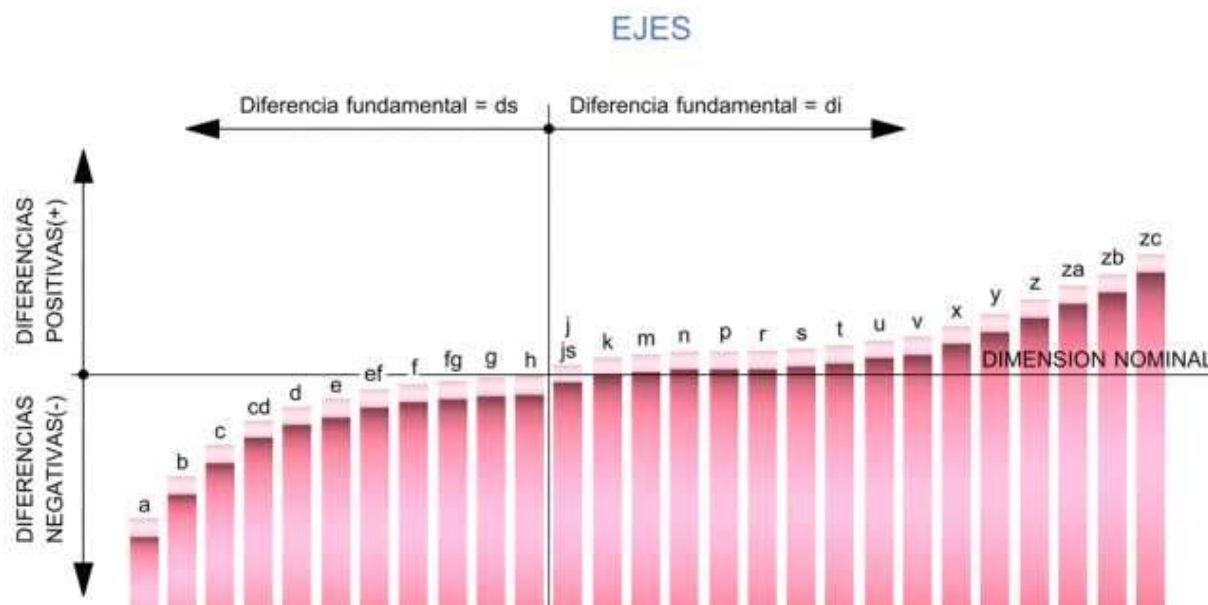
El sistema de tolerancias normalizadas ISO establece una serie de posiciones de la tolerancia con respecto a la línea cero, fijadas por medio de fórmulas empíricas dependientes de la medida nominal.

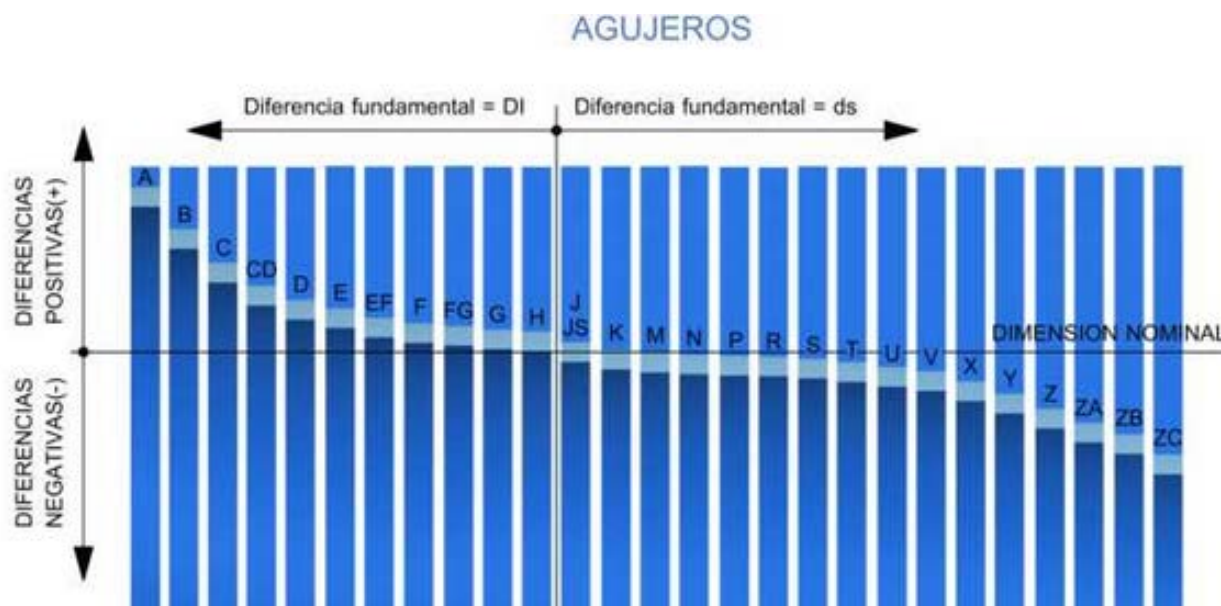
Para poder satisfacer las necesidades corrientes de ajustes, se ha previsto para cada grupo dimensional toda una gama de desviaciones, las cuales definen la posición de las tolerancias con respecto a la línea cero.

Las notaciones para las desviaciones son las siguientes:

- dS: desviación superior del agujero.
- dI: desviación inferior del agujero.
- ds: desviación superior del eje.
- di: desviación inferior del eje

El sistema ISO de tolerancias define 28 posiciones diferentes para las zonas de tolerancia, situadas respecto a la línea cero. Cada posición de la tolerancia viene simbolizada por una letra (a veces dos), minúsculas para los ejes y mayúsculas para los agujeros.





Dado que para cada grupo de diámetros nominales se pueden elegir un número elevado de zonas de tolerancia y de grados de calidad, se recomienda utilizar solamente algunas zonas de tolerancia, llamadas zonas de tolerancia preferentes.

Una medida con tolerancia dimensional normalizada se designa con la medida nominal seguida del símbolo de la clase de tolerancia requerida. Este símbolo está constituido por la letra representativa de la desviación fundamental seguida de la cifra representativa del grado de tolerancia.

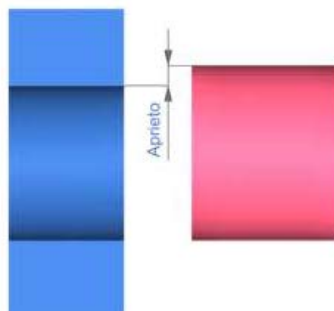
Cuando sea necesario indicar los valores de las desviaciones o las medidas límites, la información adicional deberá escribirse entre paréntesis

13.1.3. Tipo de ajustes

Apriete

Apriete (A) es la diferencia entre las medidas efectivas de eje y agujero, antes del montaje, cuando ésta es positiva, es decir, cuando la dimensión real del eje es mayor que la del agujero:

$$A = d_e - D_e > 0$$



Apriete máximo (AM) es el valor de la diferencia entre la medida máxima del eje y la medida mínima del agujero:

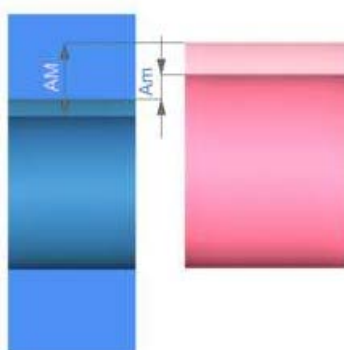
$$AM = dM - Dm$$

Apriete mínimo (Am) es el valor de la diferencia entre la medida mínima del eje y la máxima del agujero:

$$Am = dm - DM$$

Se llama **tolerancia del Apriete (TA)** a la diferencia entre el apriete máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje:

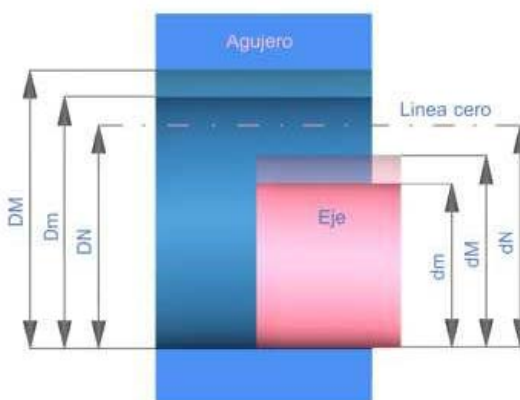
$$TA = AM - Am = T + t$$



Juego

Se denomina **juego (J)** a la diferencia entre las medidas del agujero y del eje, antes del montaje, cuando ésta es positiva, es decir, cuando la dimensión real del eje es menor que la del agujero:

$$J = De - de > 0$$



Juego máximo (JM) es la diferencia que resulta entre la medida máxima del agujero y la mínima del eje:

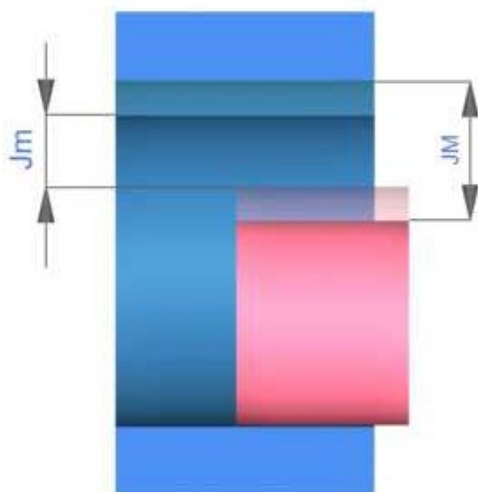
$$JM = DM - dm$$

Juego mínimo (Jm) es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la máxima del eje:

$$J_m = D_m - d_M$$

Se llama **tolerancia del juego (TJ)** a la diferencia entre los juegos máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje:

$$TJ = JM - J_m = T + t$$



Indeterminado

Se denomina **ajuste indeterminado (I)** a un tipo de ajuste en el que la diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje puede resultar positiva o negativa, dependiendo de cada montaje concreto:

$$I = D_e - d_e < 0 \text{ ó } > 0$$

$$JM = DM - dm$$

$$AM = dM - Dm$$

Se llama **tolerancia del ajuste indeterminado (TI)** a la suma del juego máximo y del aprieto máximo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje:

$$TI = JM + AM = T + t$$

13.1.4. Criterios

Para determinar los juegos límites se tendrá en cuenta que:

- Se debe evitar todo exceso de precisión.
- Se debe adoptar siempre que sea posible mayor tolerancia para el eje que para el agujero.
- Se deben elegir las tolerancias de forma que las calidades del eje y del agujero no varíen en más de dos índices.
- Se debe tener en cuenta la experiencia en ajustes análogos.
- Montaje de las piezas.

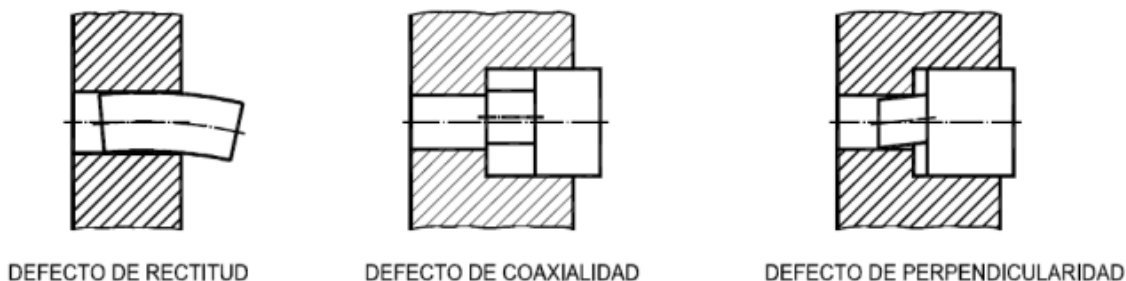
Al fijar los juegos límites de un acoplamiento se deben tener en cuenta:

- Estado superficial.
- Naturaleza del material.
- Velocidad de funcionamiento.
- Naturaleza, intensidad, dirección, sentido, variación y prioridad de los esfuerzos.
- Engrase.
- Desgaste.
- Geometría del conjunto

13.1.5. Tolerancia Geométrica

En determinadas ocasiones, por ejemplo, mecanismos muy precisos, piezas de grandes dimensiones, etc., la especificación de tolerancias dimensionales puede no ser suficiente para asegurar un correcto montaje y funcionamiento de los mecanismos.

Las siguientes figuras muestran tres casos donde una de las piezas puede ser correcta desde el punto de vista dimensional (diámetros de las secciones dentro de tolerancia) y no ser apta para el montaje. En el primer caso tendríamos un defecto de rectitud, en el segundo tendríamos un defecto de coaxialidad, y en el tercero tendríamos un defecto de perpendicularidad.



Vemos, pues, que en la fabricación se producen irregularidades geométricas que pueden afectar a la forma, posición y orientación de los diferentes elementos constructivos de las piezas.

Una tolerancia dimensional aplicada a una medida ejerce algún grado de control sobre desviaciones geométricas, como sobre el paralelismo y la planicidad de una pieza. Sin embargo, en algunas ocasiones la tolerancia de medida no limita suficientemente las desviaciones geométricas. Por tanto, en estos casos se deberá especificar expresamente una tolerancia geométrica, teniendo prioridad sobre el control geométrico que ya lleva implícita la tolerancia dimensional.

Podríamos definir la tolerancia geométrica de un elemento de una pieza (superficie, eje, plano de simetría, etc.) como la zona de tolerancia dentro de la cual debe estar contenido dicho elemento. Dentro de la zona de tolerancia el elemento puede tener cualquier forma u orientación, salvo si se da alguna indicación más restrictiva.

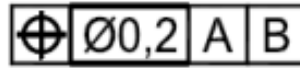
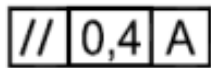
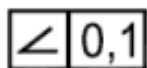
Las tolerancias geométricas deberán ser especificadas solamente en aquellos requisitos que afecten a la funcionalidad, intercambiabilidad y posibles cuestiones relativas a la fabricación. De hecho, el uso de tolerancias geométricas permitirá, pues, un funcionamiento satisfactorio y la intercambiabilidad, aunque las piezas sean fabricadas en talleres diferentes y por distintos equipos y operarios.

La siguiente tabla presenta los símbolos utilizados para la indicación de las tolerancias geométricas:

<i>Tipo de tolerancia</i>	<i>Características</i>	<i>Símbolo</i>
Forma	Rectitud	—
	Planicidad	□
	Redondez	○
	Cilindricidad	⊘
	Forma de una línea	⌒
	Forma de una superficie	⌒
Orientación	Paralelismo	//
	Perpendicularidad	⊥
	Inclinación	∠
Situación	Posición	⊕
	Concentricidad y coaxialidad	⊙
	Simetría	≡
Oscilación	Circular	↗
	Total	↗↗

La indicación de las tolerancias geométricas en los dibujos se realiza por medio de un rectángulo dividido en dos o más compartimentos, los cuáles contienen, de izquierda a derecha, la siguiente información:

- Símbolo de la característica a controlar.
- Valor de la tolerancia expresada en las mismas unidades utilizadas para el acotado lineal.
- Este valor irá precedido por el símbolo \varnothing si la zona de tolerancia es circular o cilíndrica.
- Letra identificativa del elemento o elementos de referencia, si los hay



14 PRESUPUESTO

A continuación voy a mostrar lo que cuesta fabricar un prototipo de una moto de categoría Moto 3. De hecho, en este presupuesto queda reflejado cuánto ha costado fabricar y comprar distintos componentes de la moto.

		Valor real
Chasis	Acero al Mn-Mo Reynolds 631	250,00 €
	Corte Laser Ebro	227,48 €
	Soldadura Elkarte	800,00 €
	Mecanizado chasis Codi	2.178,00 €
	Anclaje amortiguador	98,60 €
	Perfil cuadrado (pipa dirección)	20,00 €
	Premecanizado cilindros	40,00 €
	TOTAL CHASIS	3.614,08 €
Basculante	Acero al Mn-Mo Reynolds 631	180,00 €
	Corte Laser Ebro	75,02 €
	Soldadura Elkarte	300,00 €
	Mecanizado basculante Codi	1.225,73 €
	Links Codi (2 unidades)	295,24 €
	Rocker Codi	239,58 €
	TOTAL BASCULANTE	2.315,57 €
Motor	Tubo de escape Leo Vince	150,00 €
	Tapón radiador	20,30 €
	Porta corona	238,69 €
	Gasolina	200,00 €
	Radiador	400,00 €
	Conjunto agujas y chiclés	50,00 €
	coronas (3 unidades)	60,00 €
	piñones (3 unidades)	36,00 €
	matrizar piñones	27,78 €
	mecanizar platos	45,00 €
	TOTAL MOTOR	1.154,99 €
Carenado	Carenado base	250,00 €
	Pantalla	30,00 €
	Colin	60,00 €
	Tapizado asiento	10,00 €
	Pintura	44,75 €
	Pintado carenado	200,00 €
	Araña carenado	50,00 €
	pegatinas patrocinadore	50,00 €
	TOTAL CARENADO	694,75 €

Diversas piezas	soportes pinza de freno	200,00 €
	Estribas Jakomoto	230,71 €
	Caballote	30,00 €
	Rodamientos	150,00 €
	Varios mecanizados	170,00 €
	Modificación horquilla	300,00 €
	Tijas (2 unidades)	1.256,00 €
	Subchasis	40,00 €
	Depósito de gasolina	70,00 €
	Tapa rodamiento dirección Codi (2 unidades)	154,88 €
	Rueda para curvadora de tubos Codi	90,75 €
	Soporte tensor Codi (2 unidades)	251,68 €
	Air box	170,00 €
	TOTAL PIECERIO	3.114,02 €
Manillar	Semimanillares	48,00 €
	Conjunto puño gas	135,00 €
	Bomba Embrague	80,00 €
	Maneta y pinza Embrague	65,00 €
	Latiguillos	60,00 €
	TOTAL MANILLAR	388,00 €
Otros	Material gráfico	80,00 €
	Viaje a Alcañiz	2.000,00 €
	Inscripciones	3.000,00 €
	Consumibles pruebas y competición	300,00 €
	TOTAL OTROS	5.380,00 €

El total del presupuesto asciende a: **16.641,41 €**

En las inscripciones entraban los componentes que la organización aportó a todos los concursantes. Estos componentes no pueden ser modificados en ningún concepto, ya que, así, el nivel de los equipos queda igualado.

Los componentes que nos dio la Organización fueron:

- Llantas
- Neumáticos
- Horquilla
- Amortiguador trasero
- Bomba de freno delantera y trasera
- Pinza de freno delantero y trasero
- Palanca de freno trasero
- Soporte de pinza

- Maneta de frenos delantero
- Depósito de líquido de freno
- Carburador
- Motor
- Cableado de encendido
- Botón de paro

Para poder hacer frente a este presupuesto tuvimos que recurrir a distintos métodos. El más habitual, en proyectos como el nuestro, es recurrir al patrocinio de varias empresas.

Nuestros patrocinadores fueron los siguientes:

- REMSA
- Fundación Elkarte (con especial efusividad a Ramiro)
- Circuito de Navarra
- Colegio de Ingenieros Industriales de Navarra
- ROFIN Láseres Industriales
- HERCHAMP
- Autoescuela Arizcuren
- Ferretería Irigaray

Otra manera para poder fabricar la moto, fue por medio de colaboraciones de empresas. Estas ayudas fueron sido, la mayoría, en especies. Por ejemplo, FAG nos regaló los rodamientos, Moto Irún nos dio piezas de segunda mano, Reynolds Technology nos proporcionó el acero para el chasis y basculante, Salesianos nos ayudó mecanizando las tijas, etc.

He aquí la lista de empresas que colaboraron en nuestro proyecto:

- Moto Irún
- Gurpea
- ITCA ProRacing
- NG
- Gráficas Ulzama
- Construcciones Metálicas OLEA
- Talleres Alcame
- FAG rodamientos
- Reynolds Technology
- Bardahl
- Astilleros Fontan
- Laser Pérez Mazo
- Salesianos Pamplona
- Donapea
- VTN
- Cadena SER

Y por último, y no menos importante, acudimos a una herramienta muy novedosa para conseguir medios para la fabricación del proyecto. Se trata de una plataforma de Crowdfunding de la empresa Vorticex, en la que nos hemos dado a conocer y la gente pudo realizar pequeñas aportaciones. En esta plataforma, además de recibir dichas donaciones, sirvió para poder mostrar nuestro proyecto mediante una breve reseña del , exponiendo cuáles eran los medios de los que disponíamos, qué necesitábamos para poder seguir adelante y cómo iba progresando. La gente más allegada a los estudiantes que colaboramos en el proyecto, realizó sus donaciones en mano.

Con estas donaciones pudimos pagar pequeñas facturas y comprar algunos componentes de la moto.

15 CONCLUSIONES

Motostudent es un verdadero desafío entre equipos universitarios que pretende la integración de los estudiantes en una empresa fabricante de motos de competición en un planteamiento similar a la Formula Student de SAE.

Este proyecto es totalmente multidisciplinar, ya que me ha tocado realizar procesos de distintos tipos. Por ejemplo, he participado en la búsqueda de posibles patrocinadores, además de las propias tareas asociadas a la fabricación del prototipo como: elegir los materiales y los medios de fabricación de cada componente, elaborar los planos de fabricación de las piezas, diseñar y fabricar utillajes...

Hemos llevado a cabo un proyecto como en la vida real, con sus dificultades y sus satisfacciones. El hecho de haber participado en un proyecto como este, te permite integrar el trabajo académico con el desarrollo de las habilidades prácticas.

A través de esta experiencia me he dado cuenta que no es tan fácil fabricar componentes que crees que puede funcionar para la moto. Esto se debe a que existe una variación significativa entre los planos de fabricación (entre lo que se pretende que sea la pieza) y lo que realmente se fabrica.

Un motivo para que ocurra esto es la imposibilidad de fabricar las piezas por restricciones técnicas. O por ausencia de tolerancias de fabricación en los planos, lo que hace que posteriormente las piezas no encajen entre ellas. Otro motivo es que los plazos que las empresas me daban para la fabricación eran orientativos, por lo que había que estar muy encima de ellos.

Hay que tener en cuenta, que a la hora de diseñar una pieza es fundamental saber cuál va a ser el proceso de fabricación, porque llevar a cabo un proceso de fabricación u otro puede variar significativamente el coste de la pieza. Además, antes de fabricar dicha pieza, la ensamblamos en la maqueta 3D de la motocicleta, con el objetivo de asegurarse que encaja perfectamente y que no interfiere con ningún otro componente. Aun habiendo procedido de esta manera, se nos ha dado el caso de que la pieza no nos ha encajado y hasta el último momento no nos hemos dado cuenta. Por lo que, es un proceso de vital importancia el verificar la maqueta 3D.

A lo largo de esta experiencia, uno se da cuenta de que para optimizar tanto el proceso de fabricación como el coste asociado hay que barajar siempre varias opciones en cuanto a empresas fabricantes o proveedoras. Hay que solicitar varios presupuestos y decantarse finalmente por la mejor opción valorando no sólo el coste, sino también la confianza generada, los plazos de fabricación, etc. También nos hemos decantado por proveedores que nos proporcionan piezas de segunda mano, ya que el coste se reduce, en muchas ocasiones, a más de la mitad del precio real y con la misma fiabilidad que una pieza original.

En definitiva, el proyecto se basa en la vida real, con los mimos compromisos del mundo industrial. Hay que trabajar en equipo para que cada miembro del equipo pueda avanzar con su trabajo. También hay que trabajar con un presupuesto muy ajustado, que en muchas ocasiones no nos deja diseñar los componentes del material que queremos o de la forma más innovadora que nosotros queramos. Y así nos ocurre con una larga lista de operaciones.

Aún así, para mí este proyecto ha sido todo un reto, porque hemos tenido que aprender mucho sobre las motos para después poder aplicarlo. Además de aprender teoría, también hemos aprendido a trabajar en equipo, convivir con otros compañeros... Ha sido un proyecto muy completo.

16 BIBLIOGRAFIA

Aquí se listarán los libros de consulta y catálogos que he utilizado para la realización del PFC:

- MOTOCICLETAS. M. Arias-Paz. Ed CIE Inversiones Editoriales Dossat 2.000 s.l. 2003
- MOTOCICLETAS, CHASIS. John Robinson. Ed Paraninfo sa 1992
- MOTOCICLETAS, COMPORTAMIENTNO DINÁMICO Y DISEÑO DE CHASIS. Tony Foale. Ed Tony Foale
- INGENIERÍA DE MOTOCICLETAS. Cesar Diaz de Cerio y José Sancho. Apuntes formativos.
- MOTORCYCLE DYNAMICS. Vittore Cossalter
- REGLAMENTO TÉCNICO. MotoStudent.
- REGLAMENTO DEPORTIVO. MotoStudent

Además de los libros, también he consultado varias páginas de internet, como:

- <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=m4130r>
- <http://www.onlinemetals.com/alloycat.cfm?alloy=4130>
- <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=5735>



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

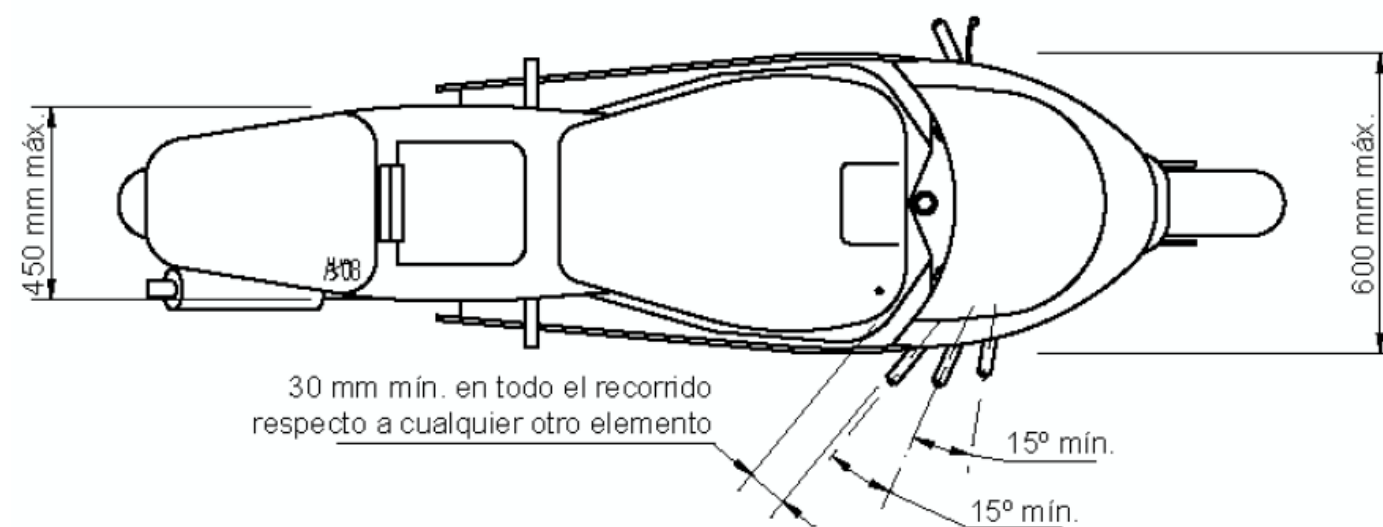
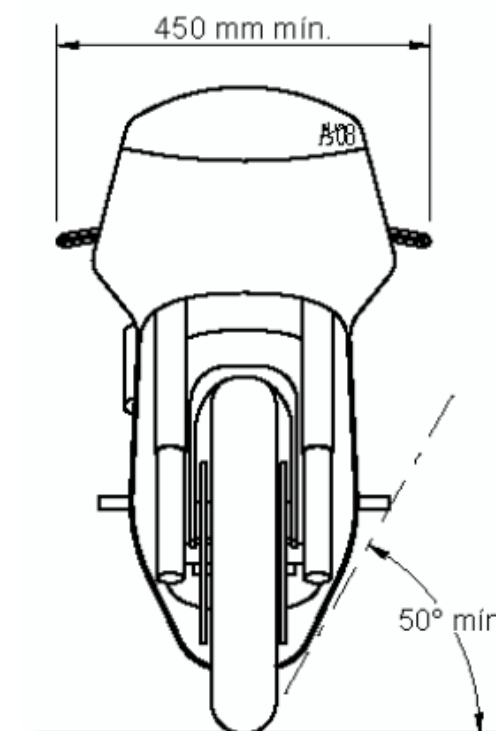
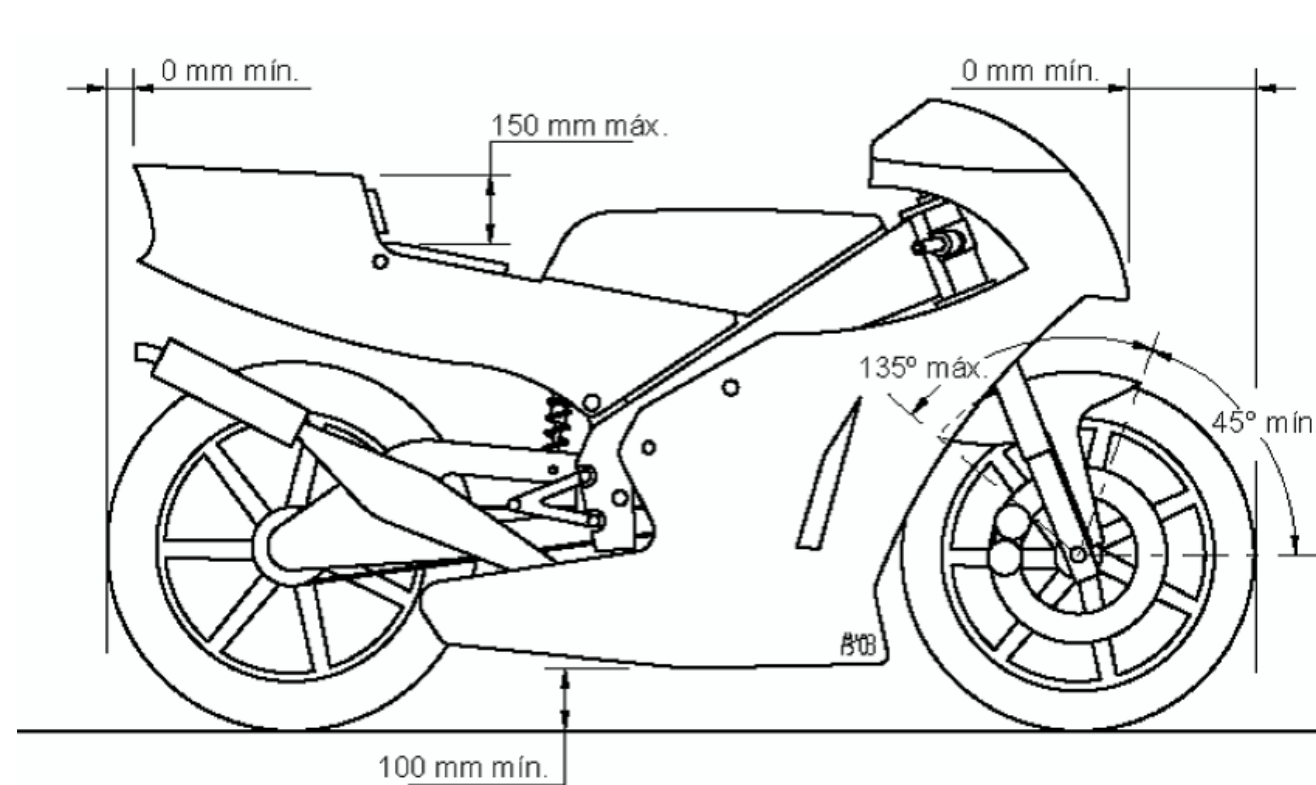
Título del proyecto:

FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTO DE
COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO 3

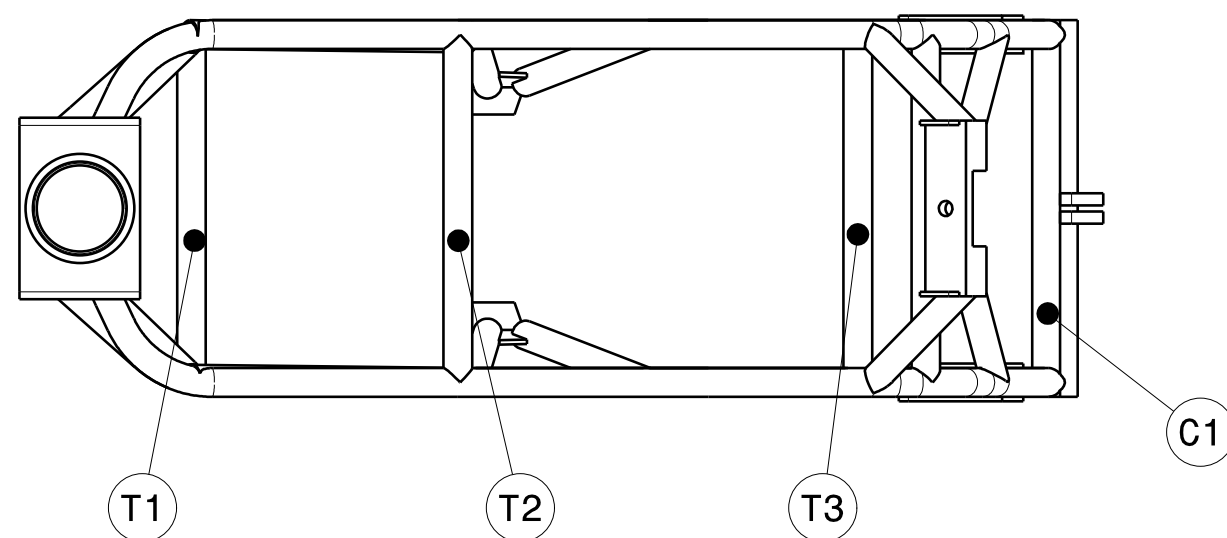
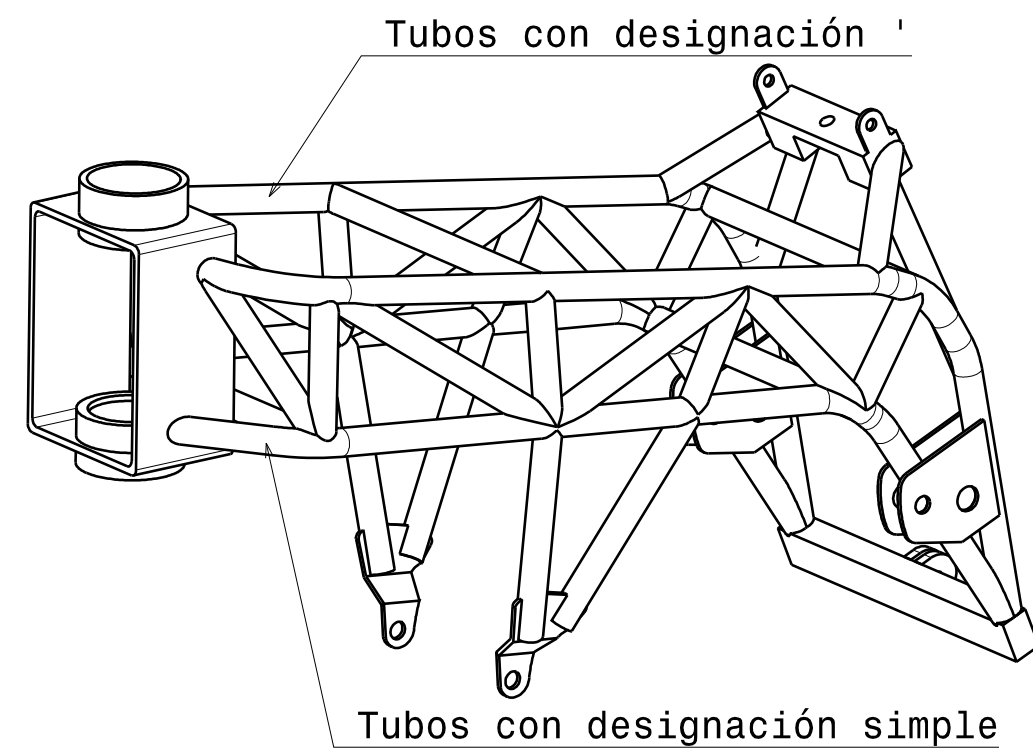
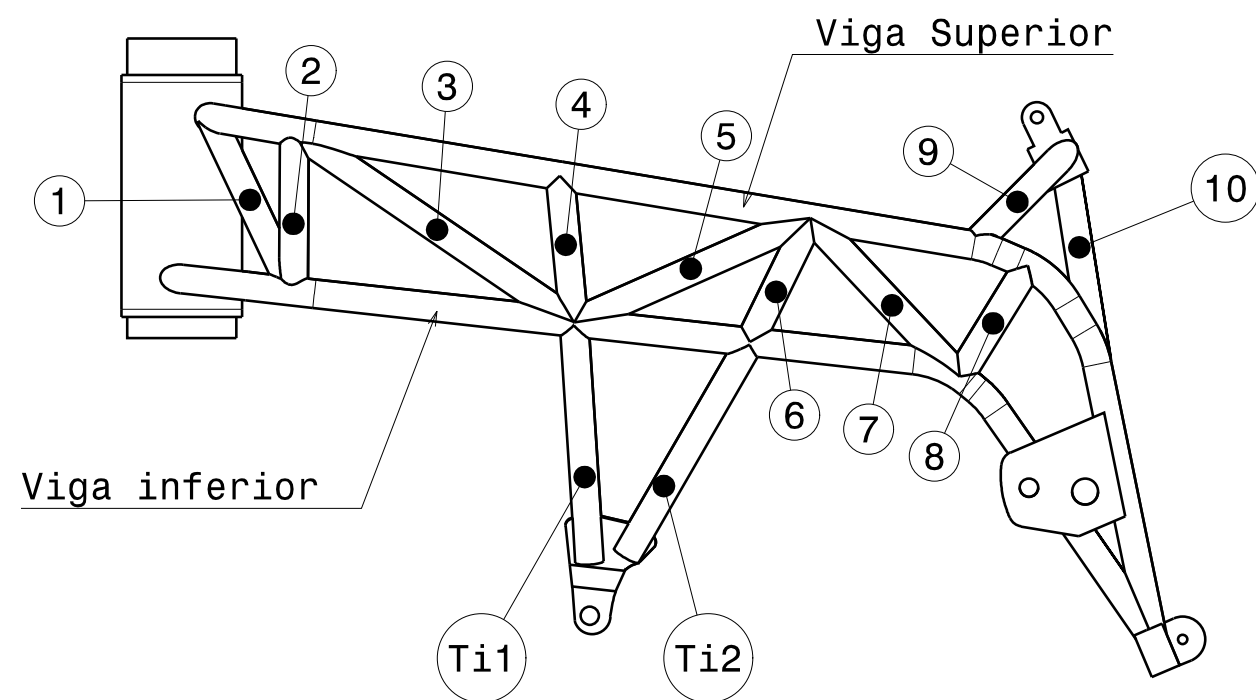
PLANOS

Claudia Álvarez de Eulate Zayas

Miguel Ángel Arizcuren Galar

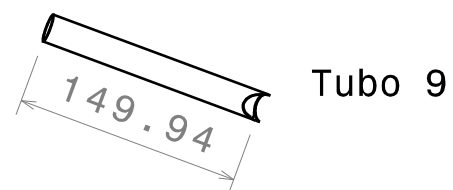
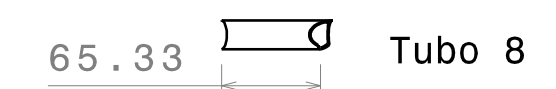
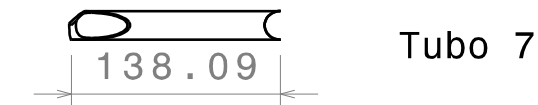
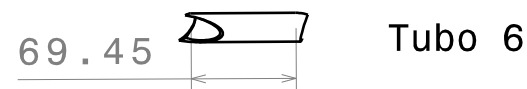
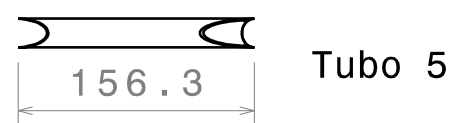
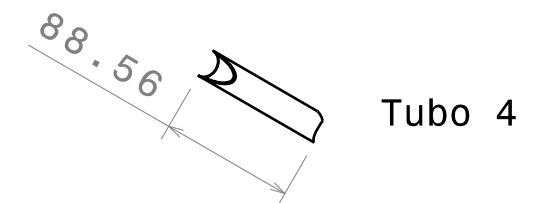
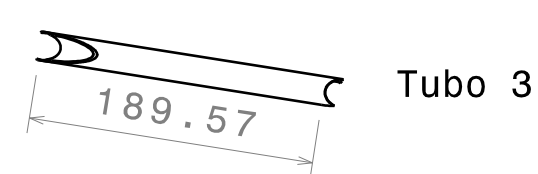
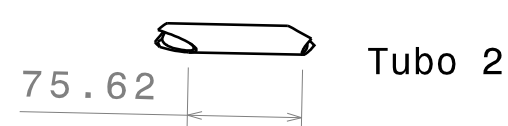
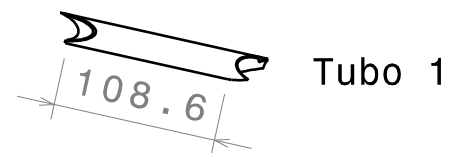
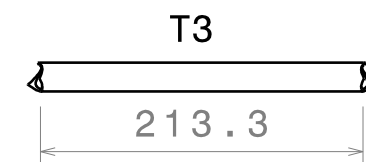
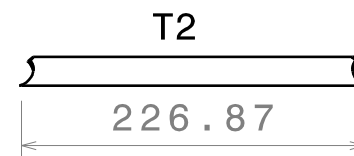
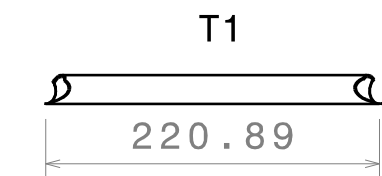
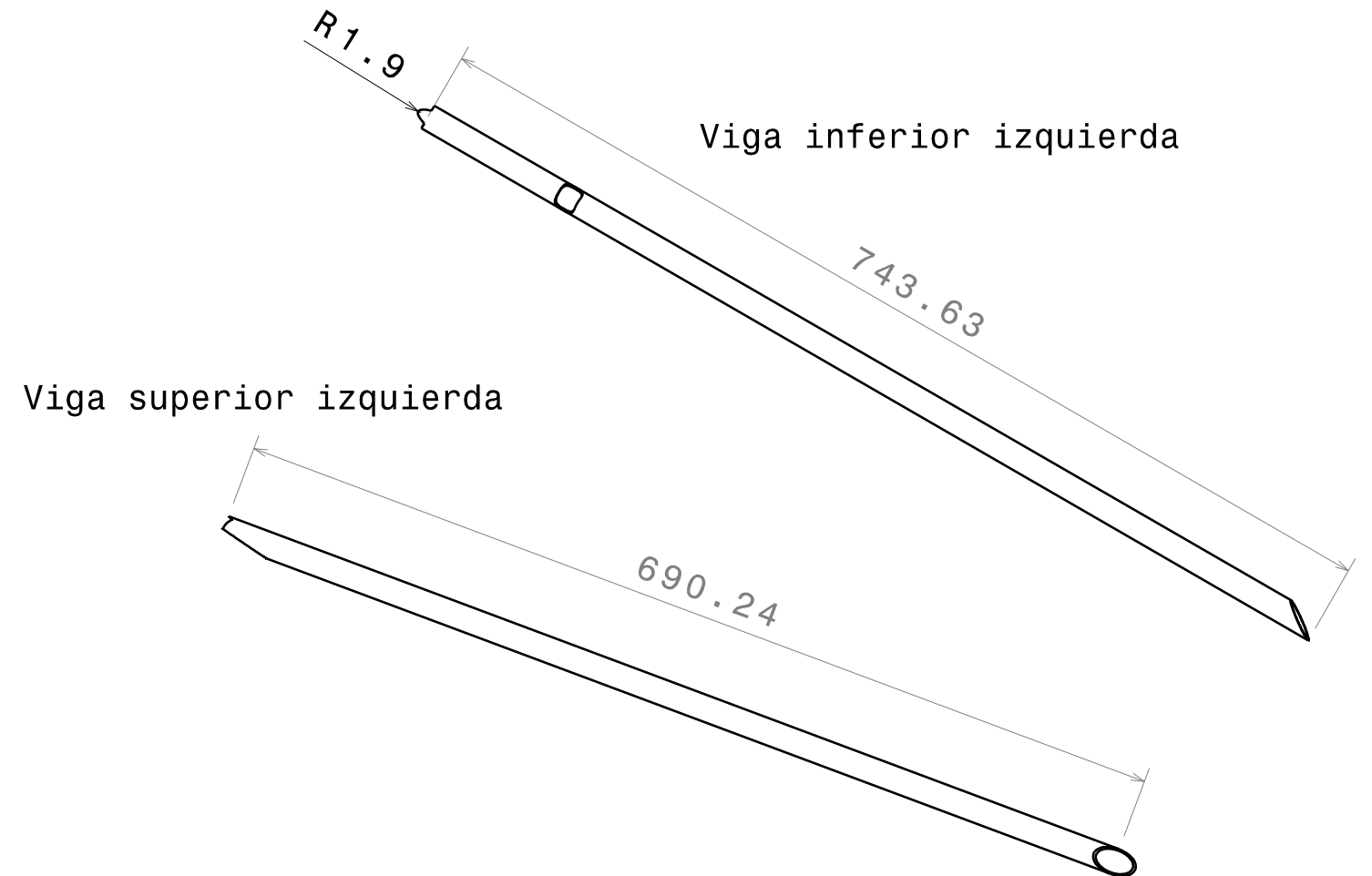
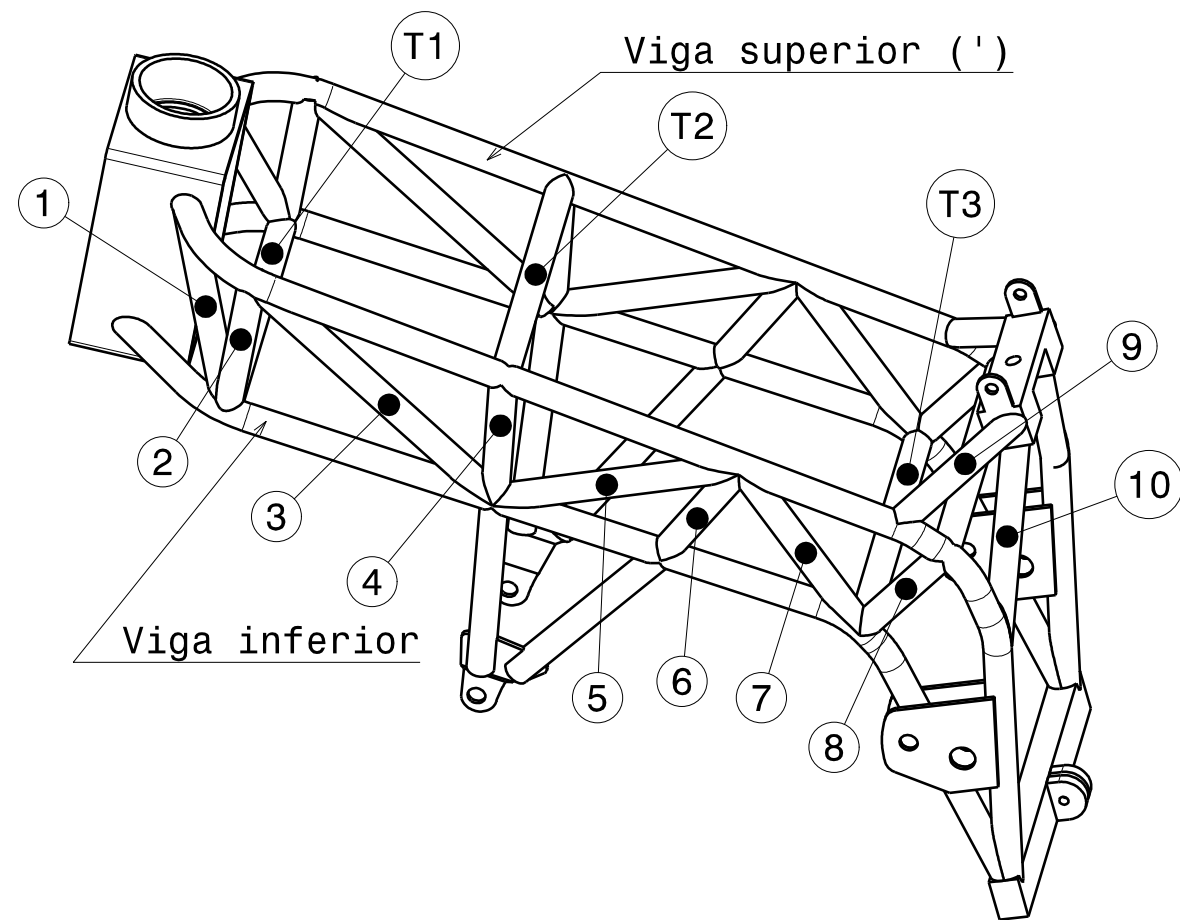


UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Datos de partida		Escala	Fecha	Nº Plano
			14/01/2013	1



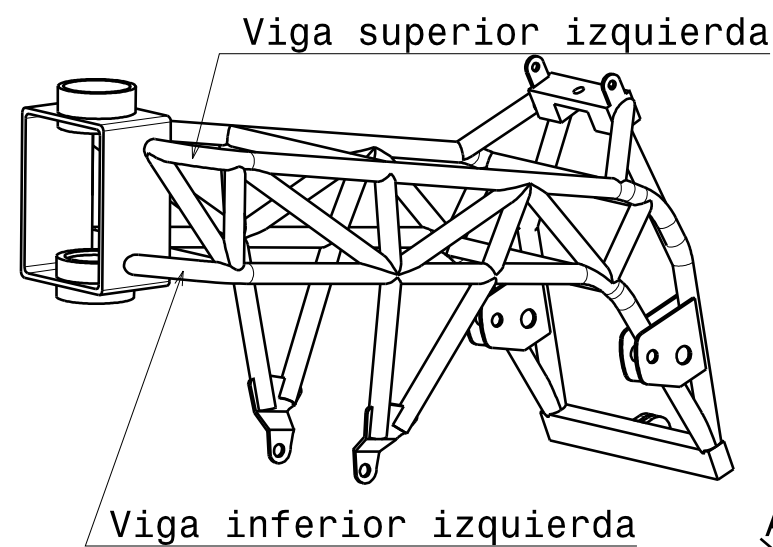
- Los tubos 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10 tienen sus tubos simétricos que se designaran con una '
- Los tubos 5 y 6 son iguales para ambos lados: 2 unidades

UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Designación Tubos Chasis		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:5	14/05/2013	2

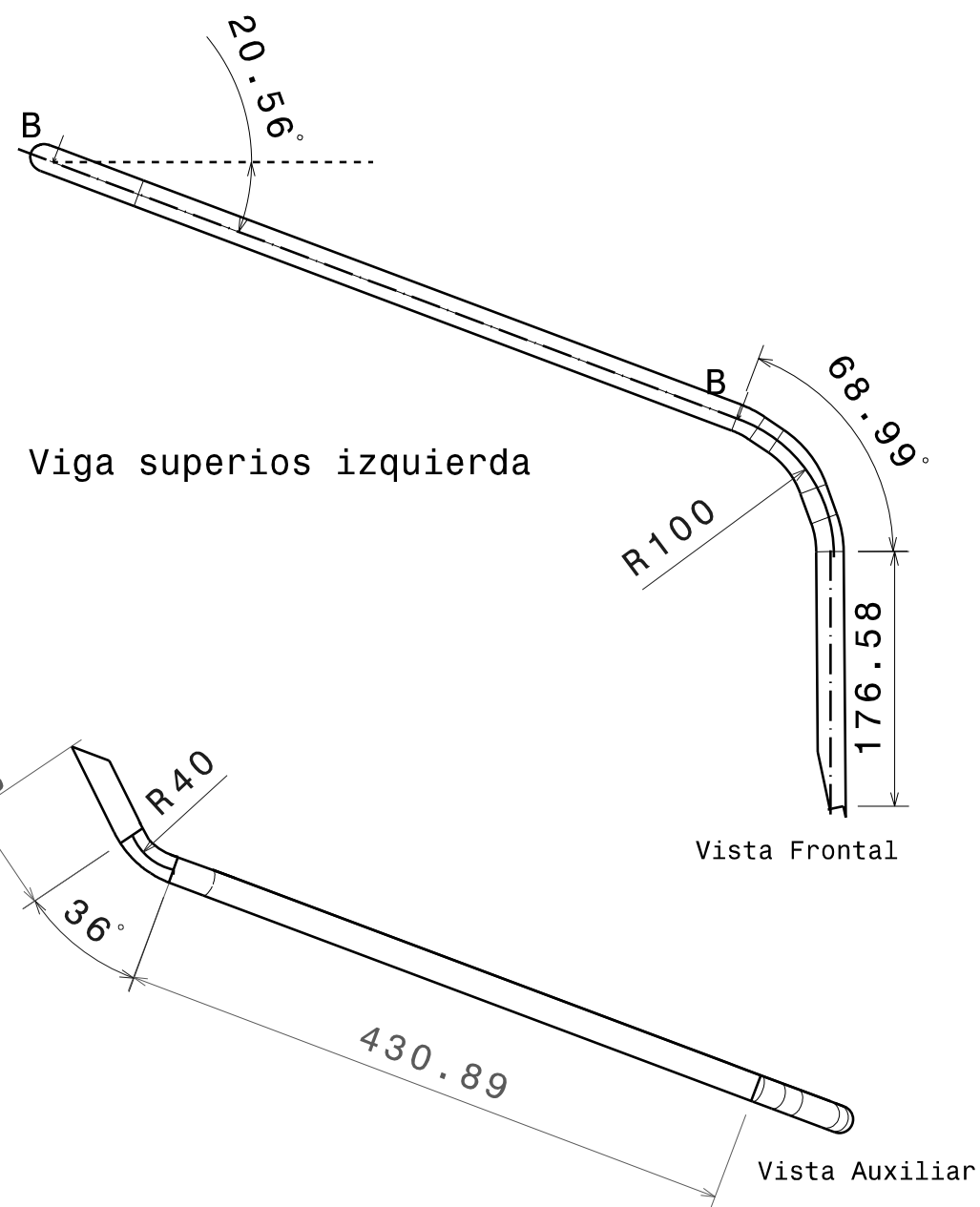
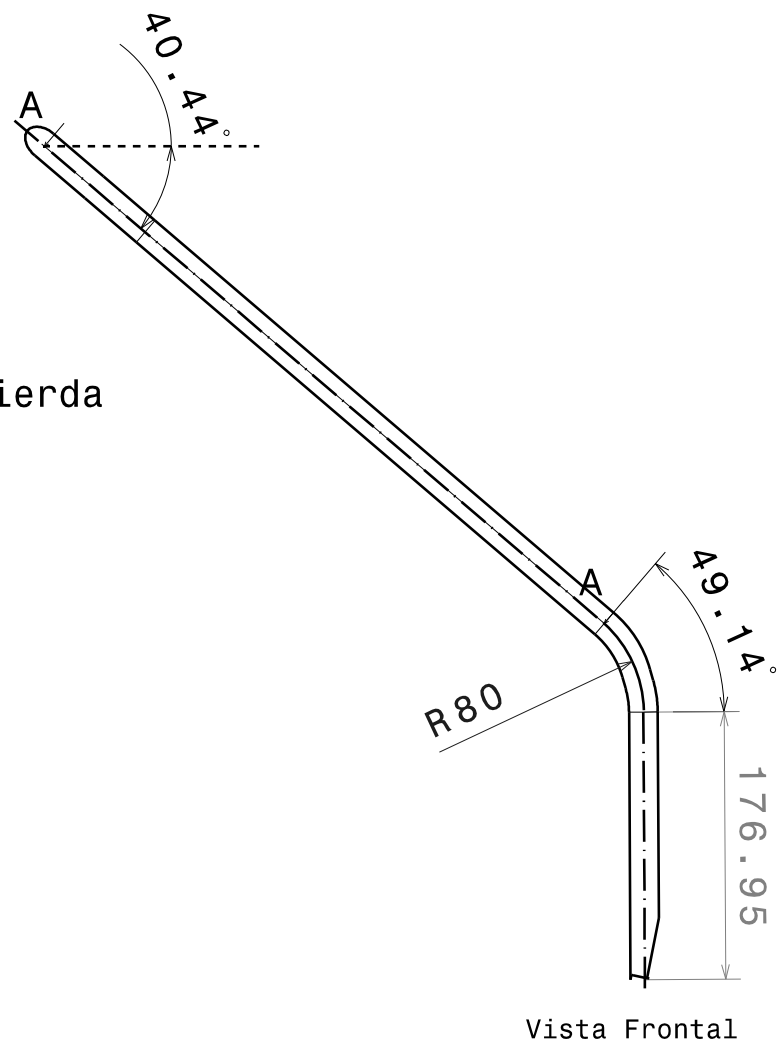
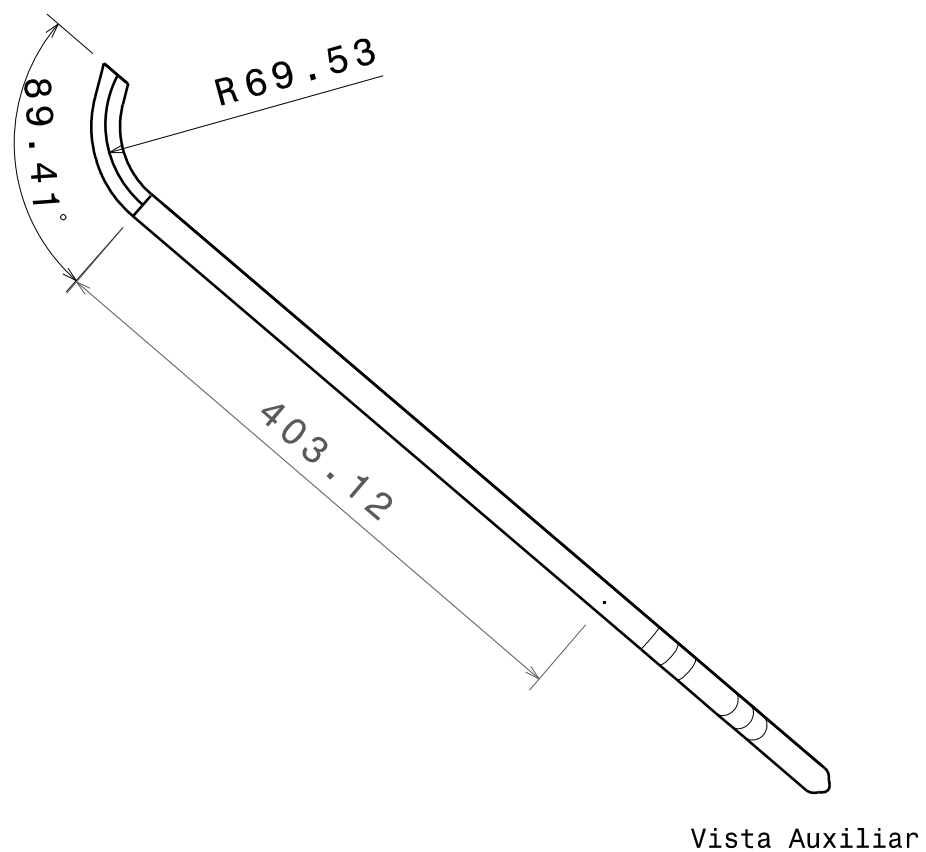


- Todos los tubos tienen su simétrico, excepto los tubos 5 y 6
- 2 unidades de los tubos 5 y 6
- 1 unidad de los tubos transversales T1, T2 y T3
- Todos los tubos son de diámetro 19mm

UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Corte de tubos del chasis por laser	Escala		Fecha	Nº Plano
	1:5		16/01/2013	3

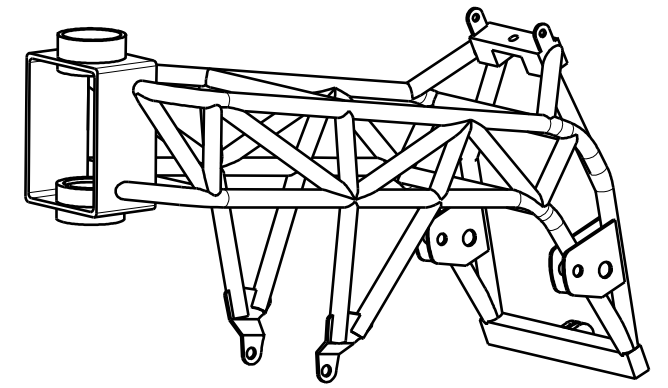
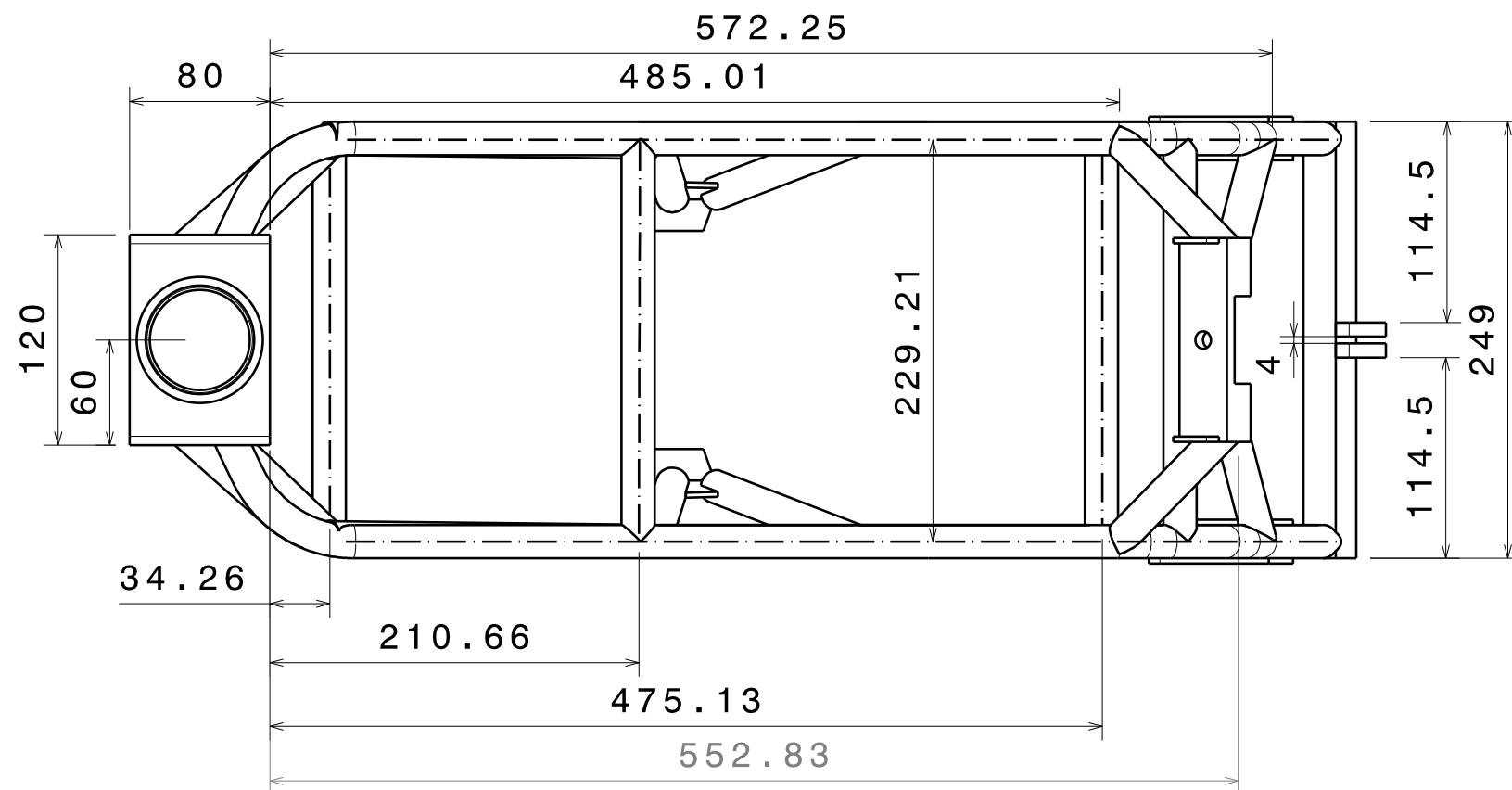
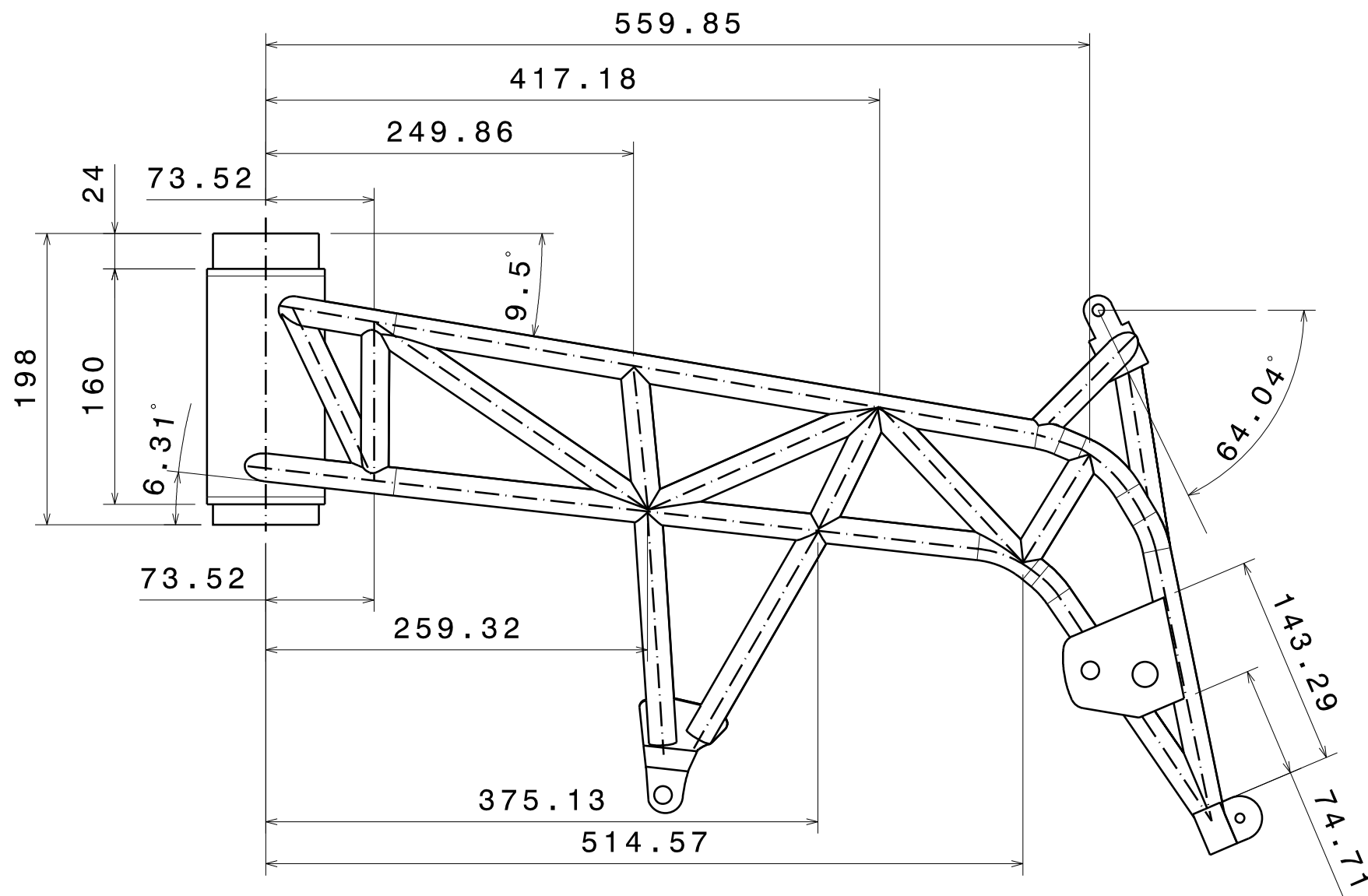


Viga inferior izquierda

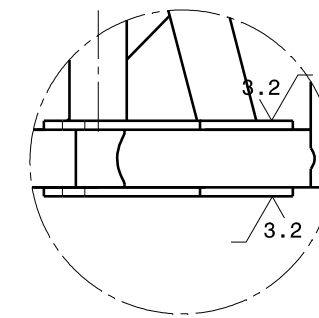


Viga superiores izquierda

UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Doblado de tubos del chasis		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:5	17/01/2013	4



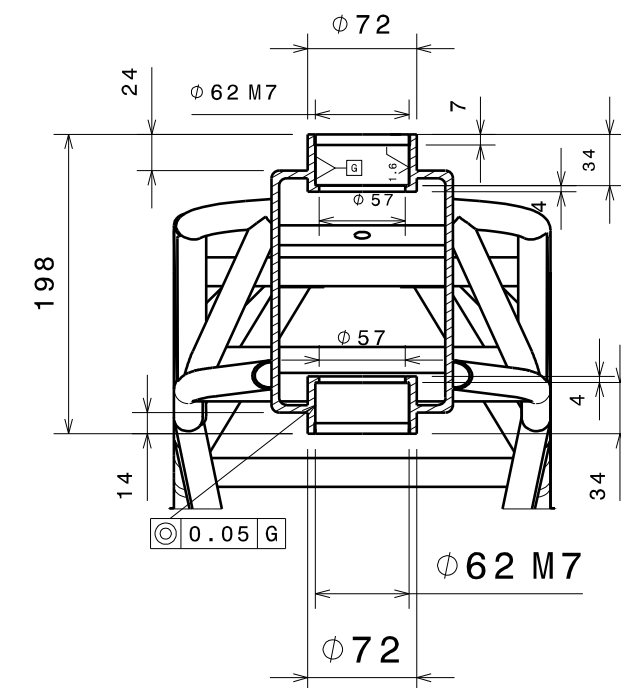
UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Soldadura del Chasis	Escala		Fecha	Nº Plano
	1:4		14/01/2013	5



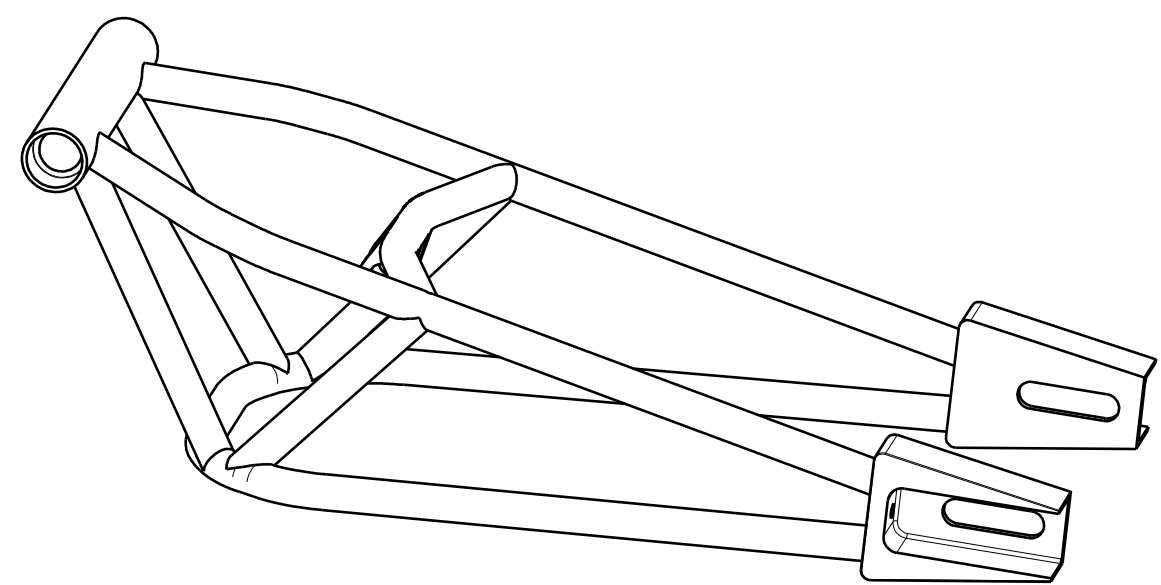
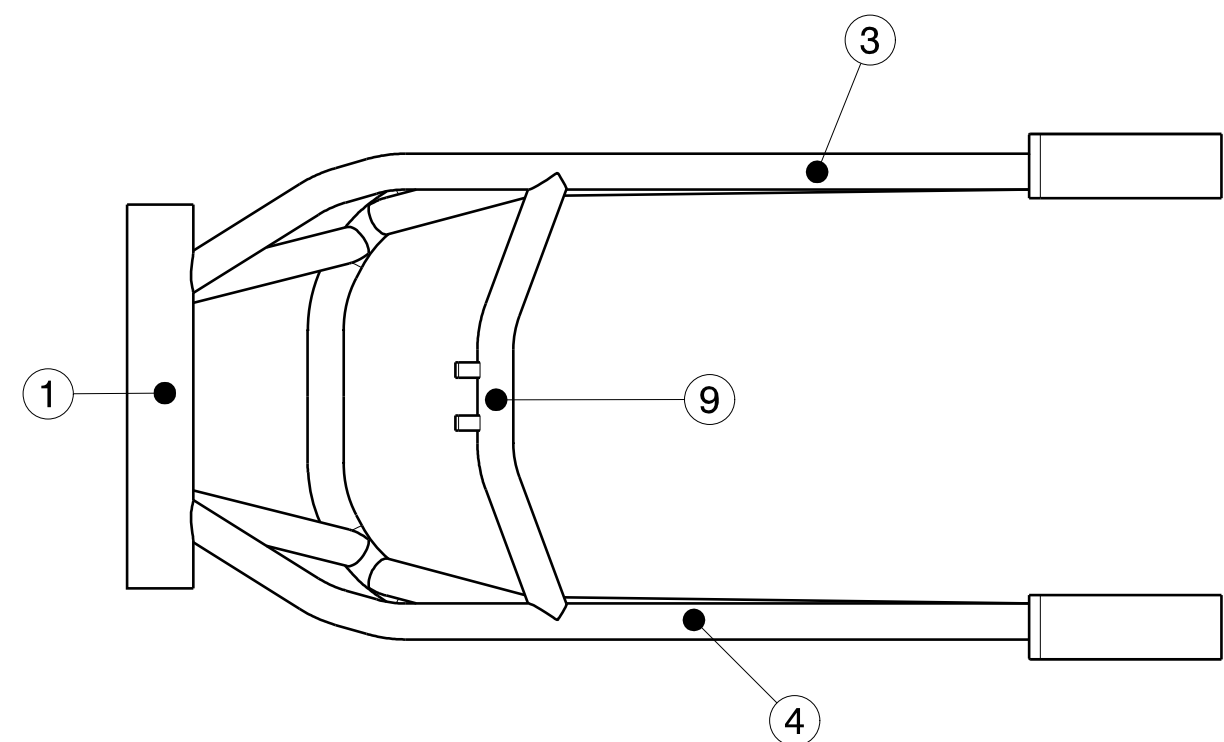
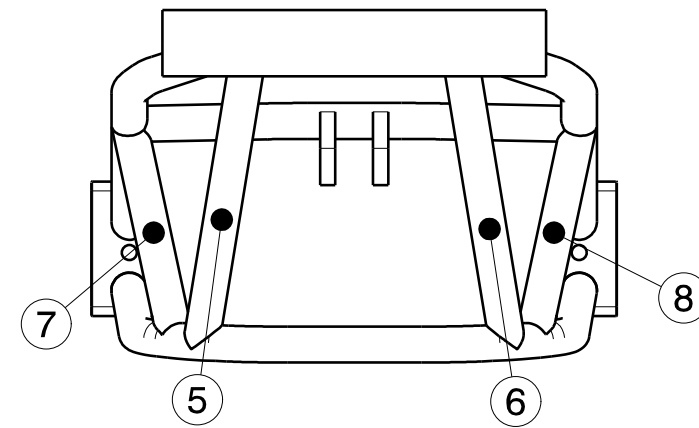
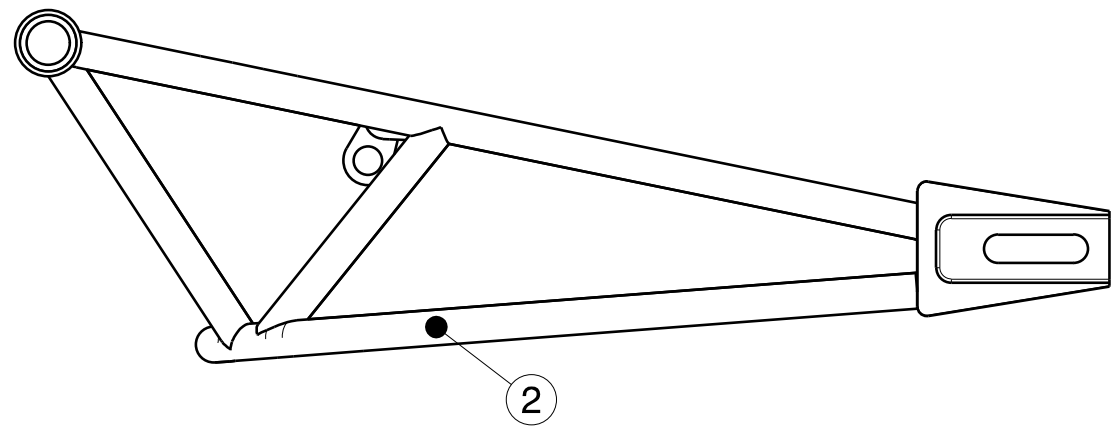
A diagram of a connector with two pins. The left pin is labeled '26' and the right pin is labeled '32'. The connector is shown within a dashed circle, indicating its position relative to a larger assembly.

Technical drawing of a mechanical arm assembly, showing dimensions and labels:

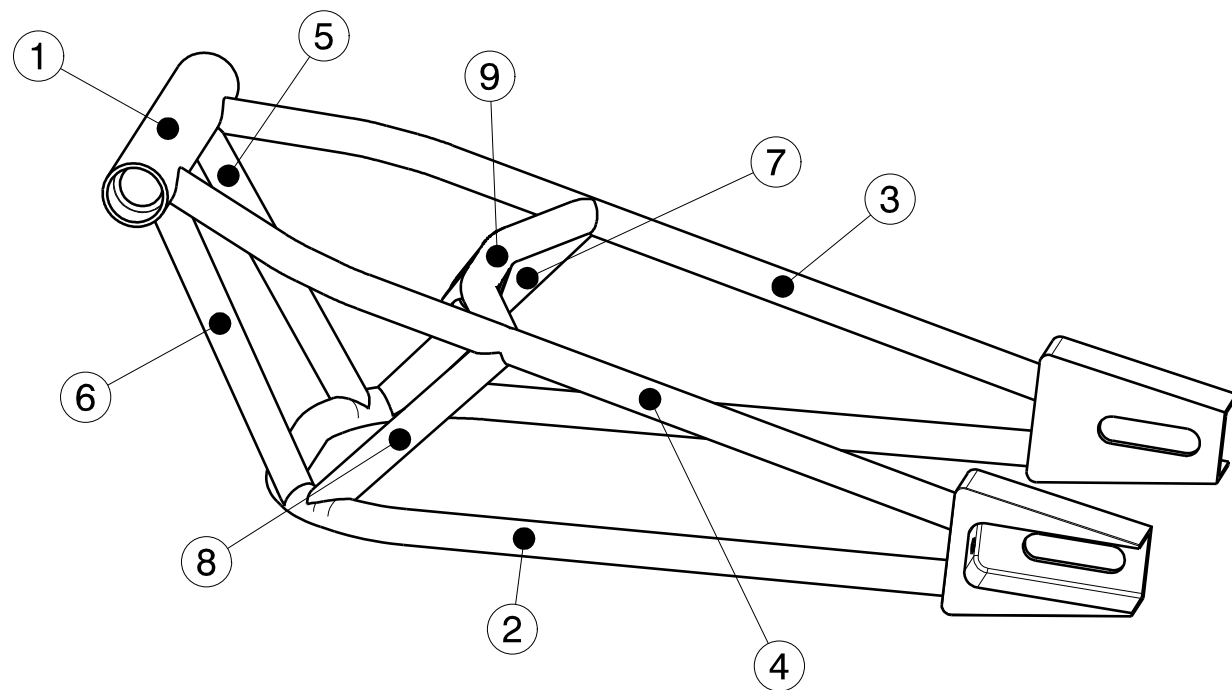
- Vertical Dimensions (Left):**
 - Total height: 199.34
 - Height from base to top of main body: 198
 - Height from base to center of main body: 101.64
 - Height from base to bottom of main body: 98.98
- Horizontal Dimensions (Bottom):**
 - Distance from base to center of main body: 560.36
 - Distance from base to end of arm: 597.51
 - Distance from base to tip of arm: 662.02
- Labels and Features:**
 - A:** Labels at the top and bottom of the vertical axis.
 - B:** Label at the end of the arm.
 - Ø 12.1:** Dimension of a circular feature on the arm.
 - Ø 17.1:** Dimension of a circular feature on the arm.
 - Ø 6 H7:** Dimension of a circular feature on the arm.



UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Postmecanizado Chasis		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:4	18/01/2013	6



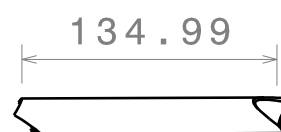
UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Designación tubos Basculante		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:4	17/01/2013	7



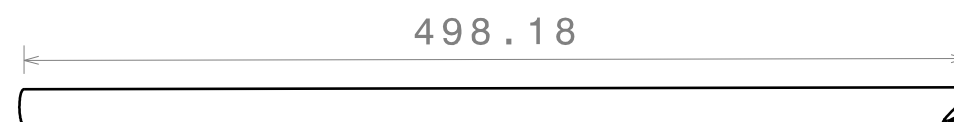
Tubo 9



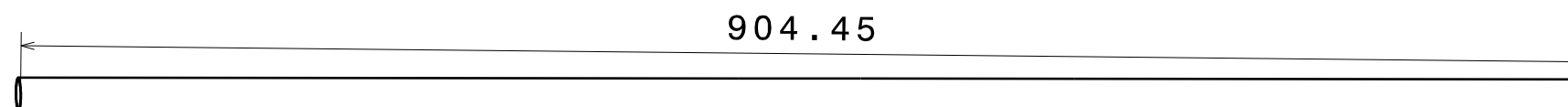
Tubo 8



Tubo 6



Tubo 4

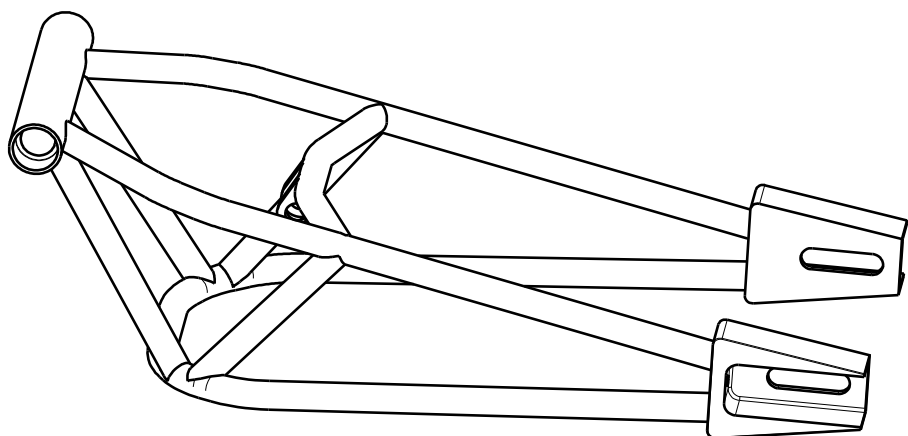


Tubo 2

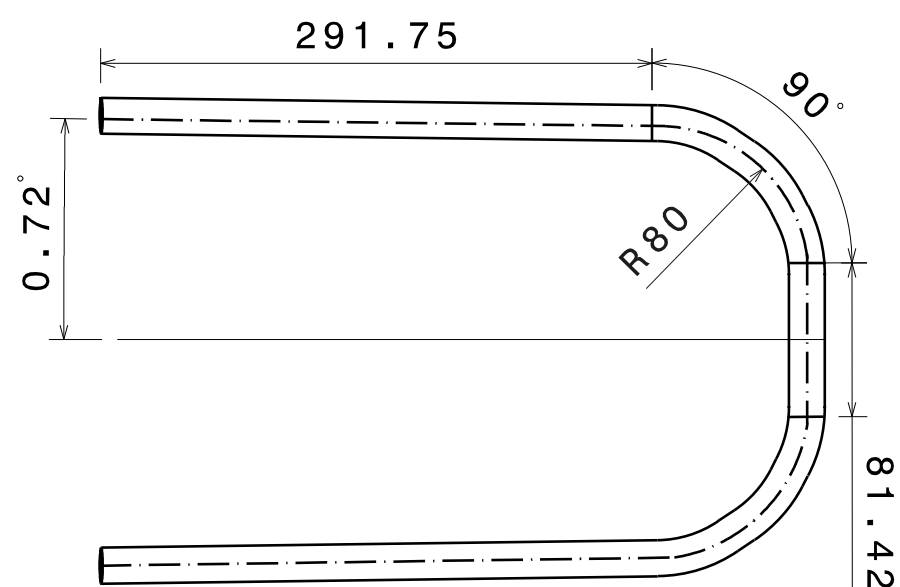
- Los tubos 6 y 8 son simétricos de los tubos 5 y 7

- Todos los tubos son de diámetro 19mm, excepto el tubo 1 (35mm)

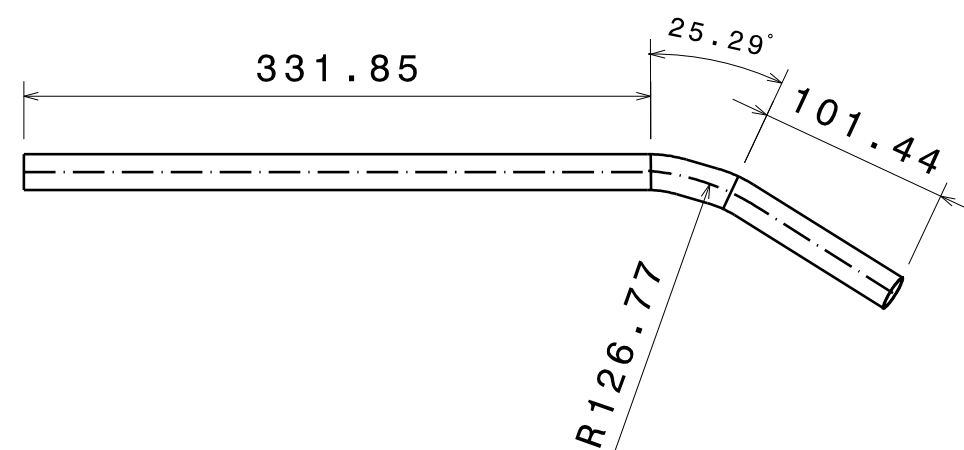
UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Corte laser de tubos del basculante		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:4	17/01/2013	8



Tubo 2

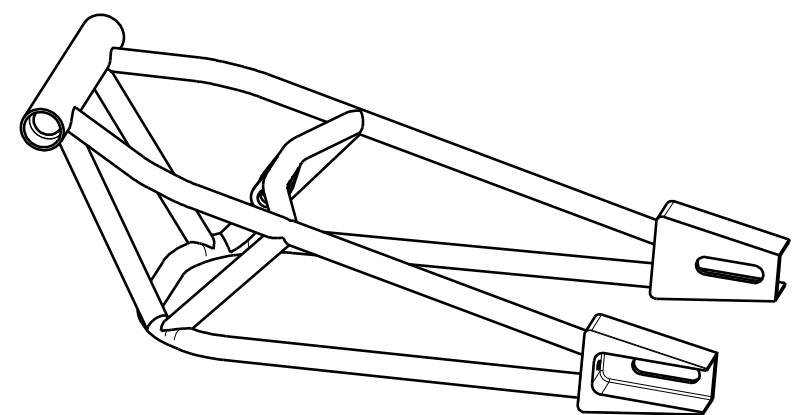
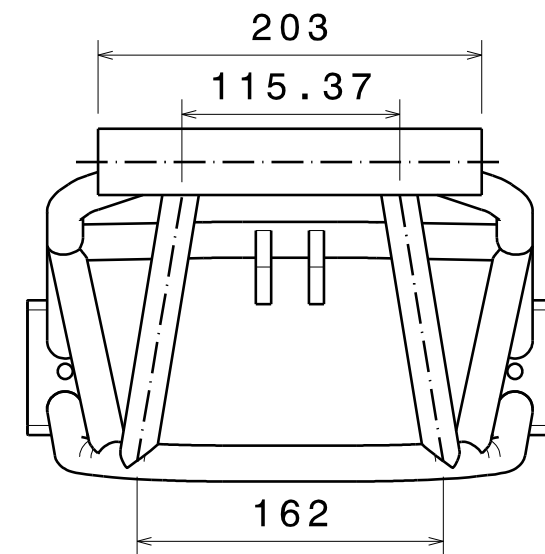
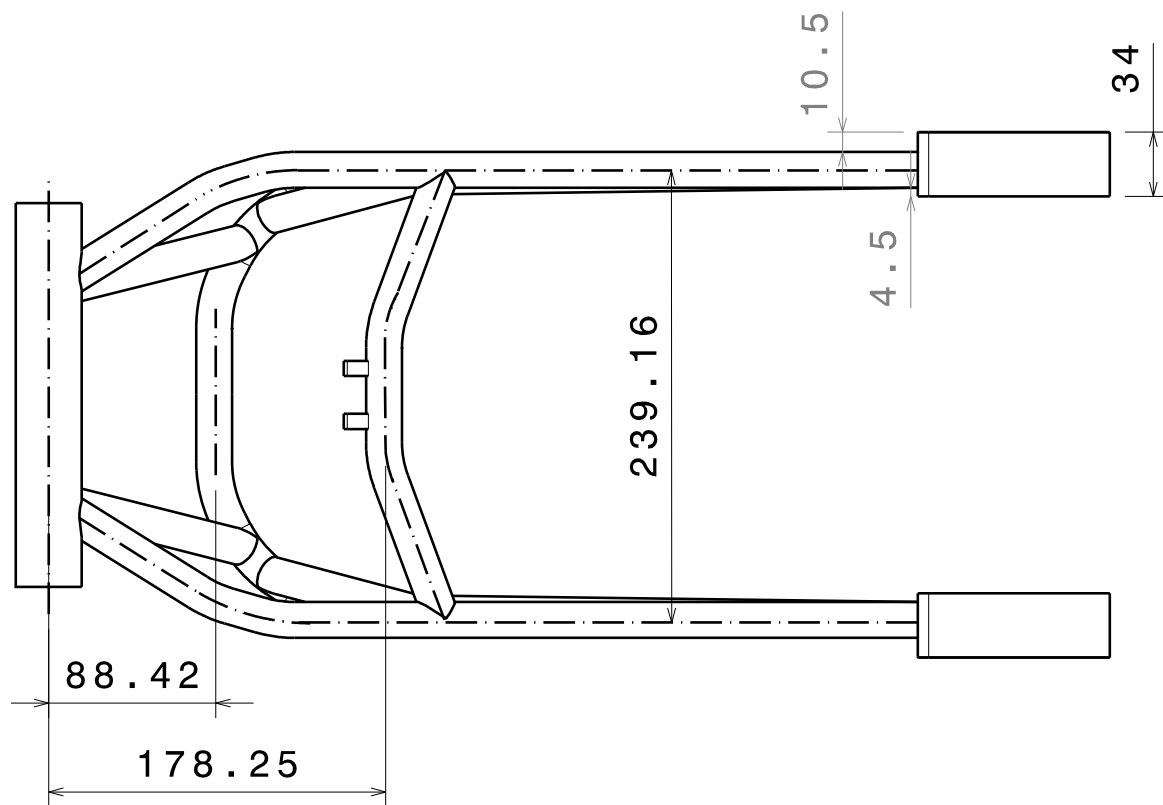
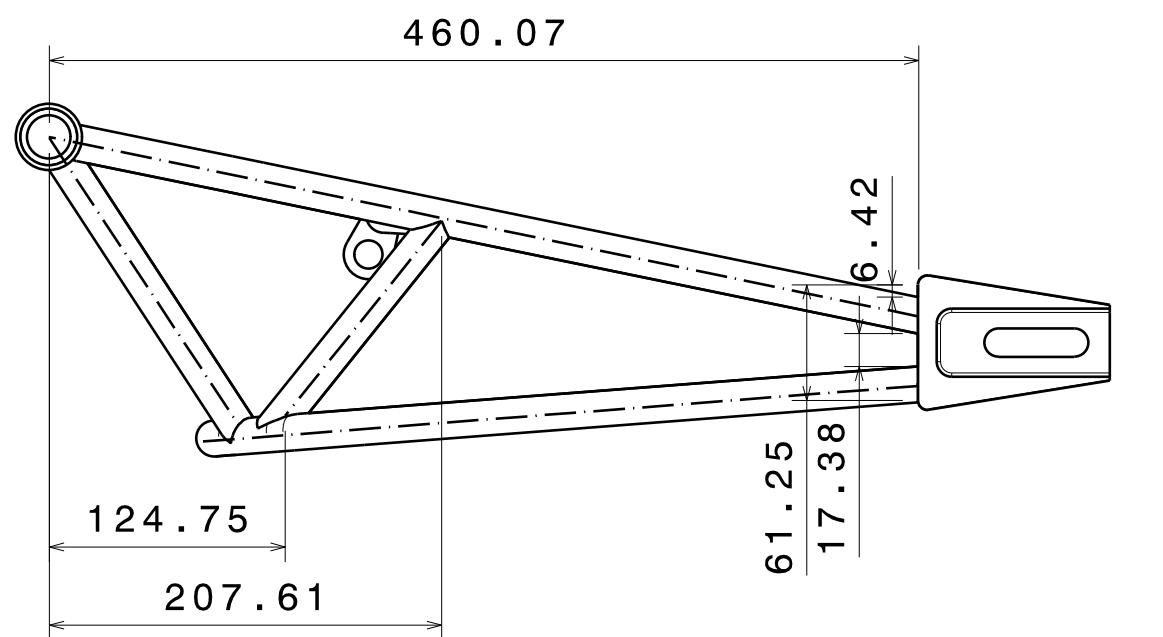


Tubo 4

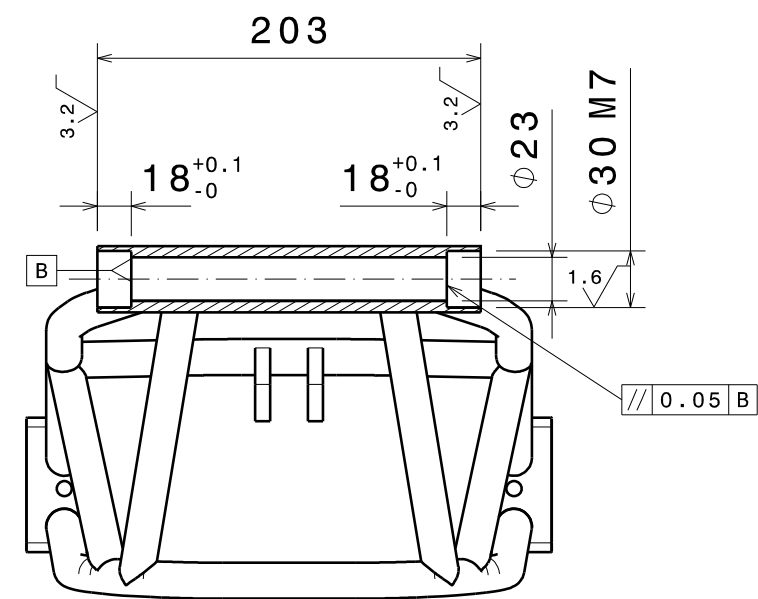
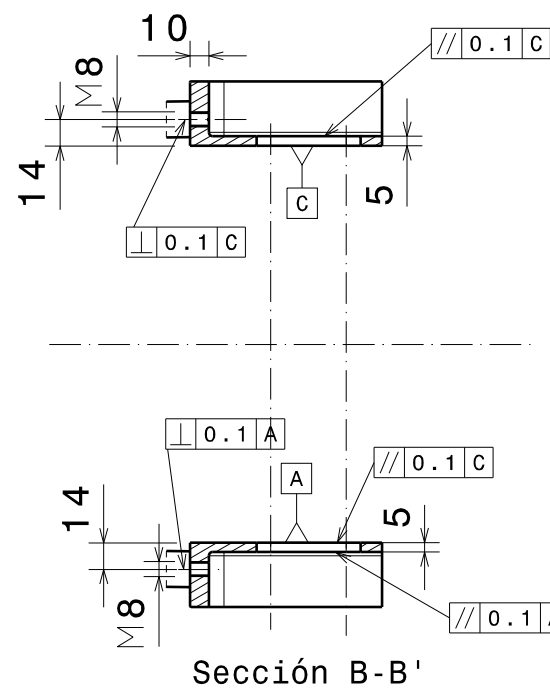
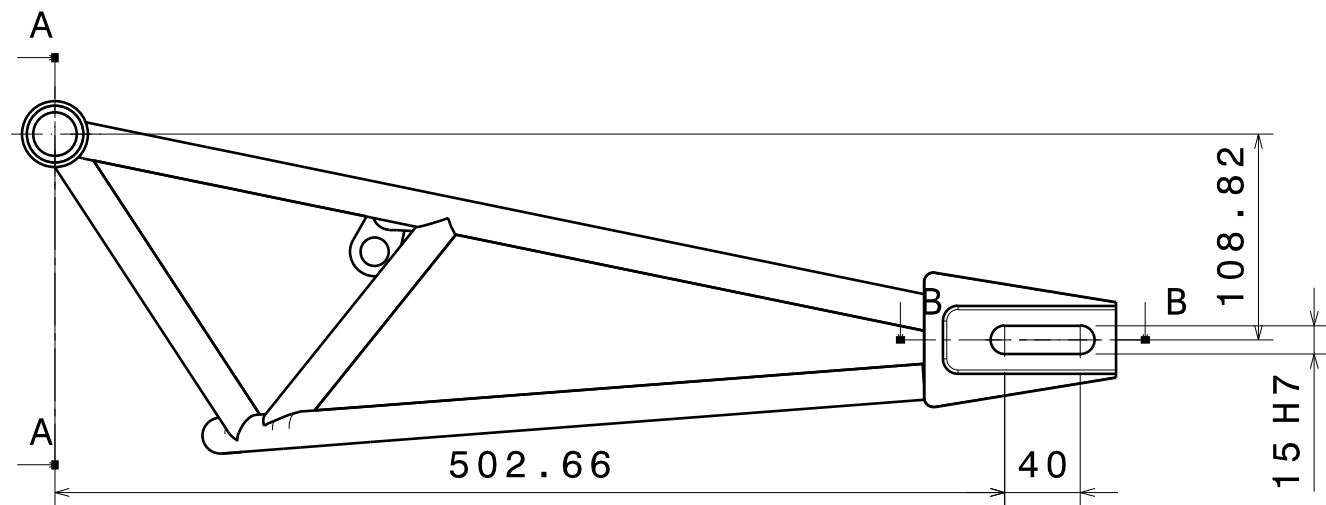
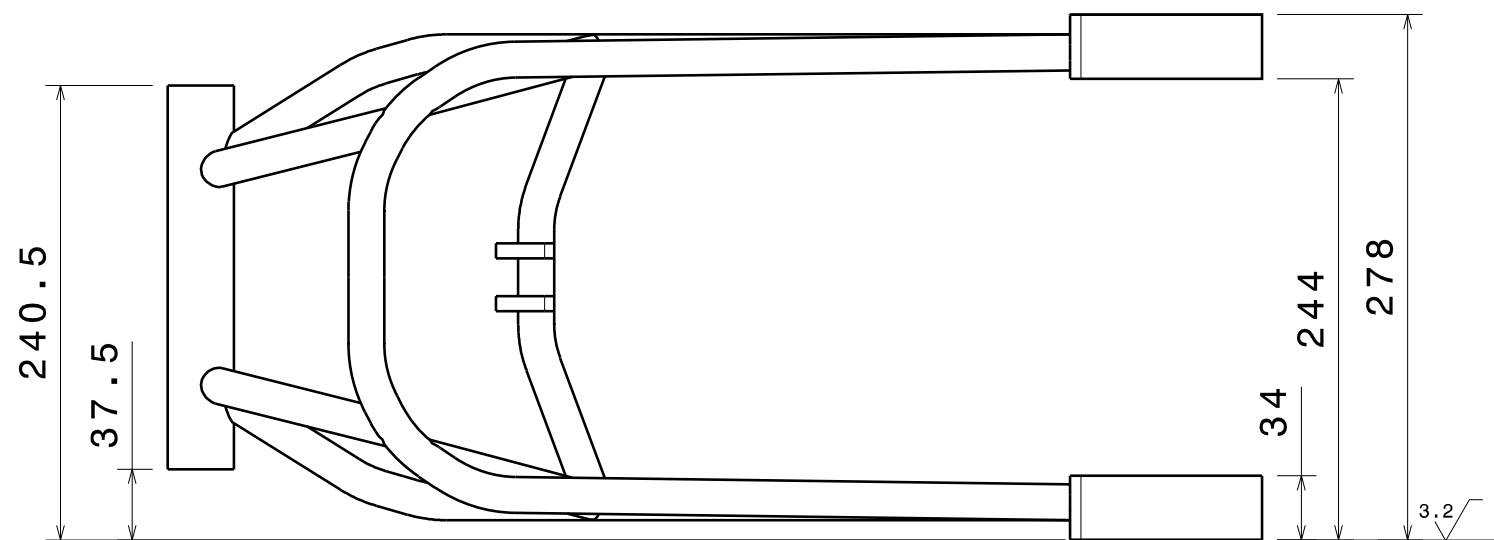


- El tubo 4 tiene su tubo simétrico (tubo 3)

UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Doblado de tubos del Basculante		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:4	17/01/2013	9

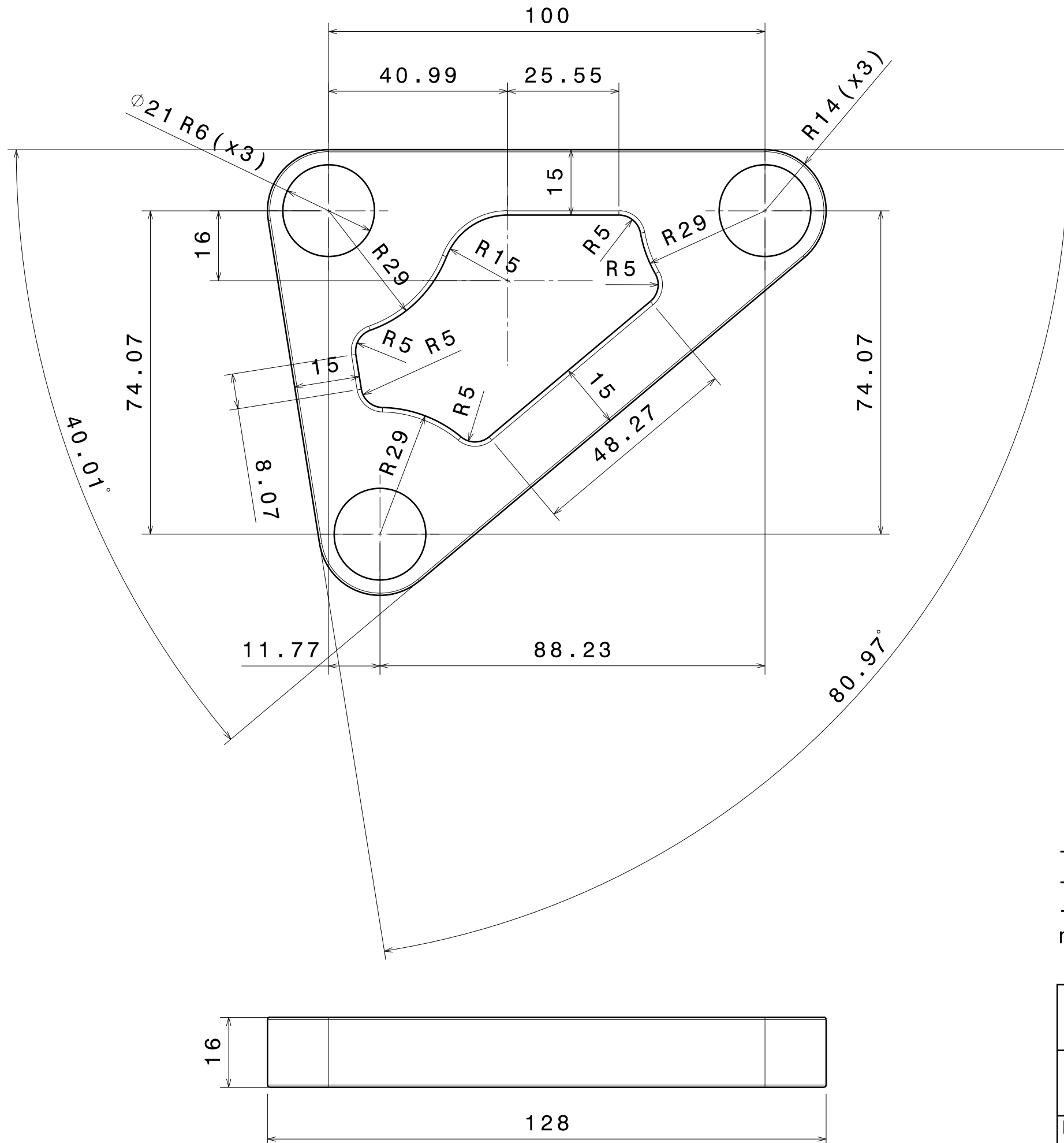


UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Soldadura Basculante	Escala 1:4	Fecha 17/01/2013	Nº Plano 10	



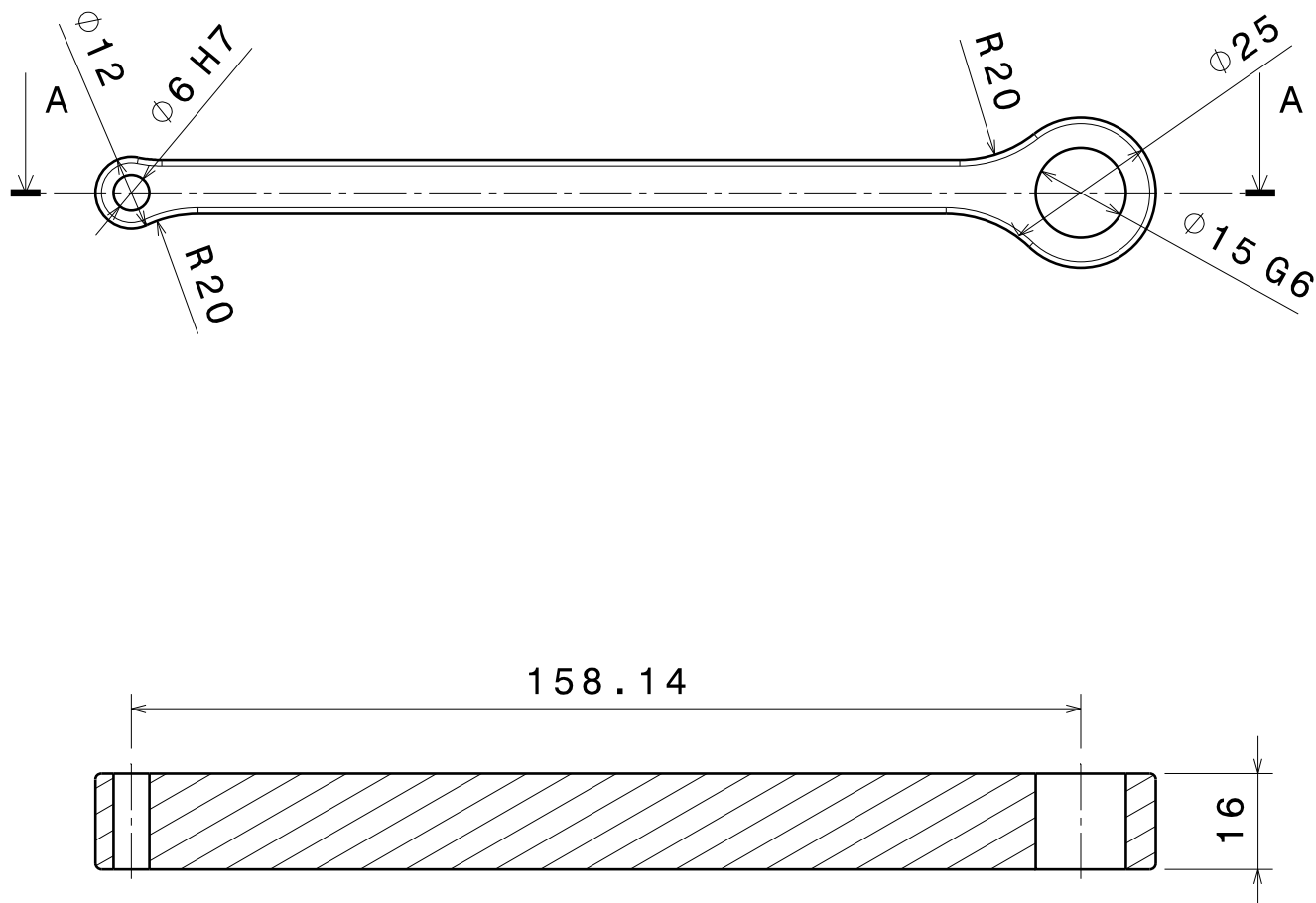
Sección A-A'

UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PROYECTO MOTOSTUDENT	PLANO Postmecanizado Basculante	Escala	Fecha	Nº Plano
		1:4	18/01/2013	11



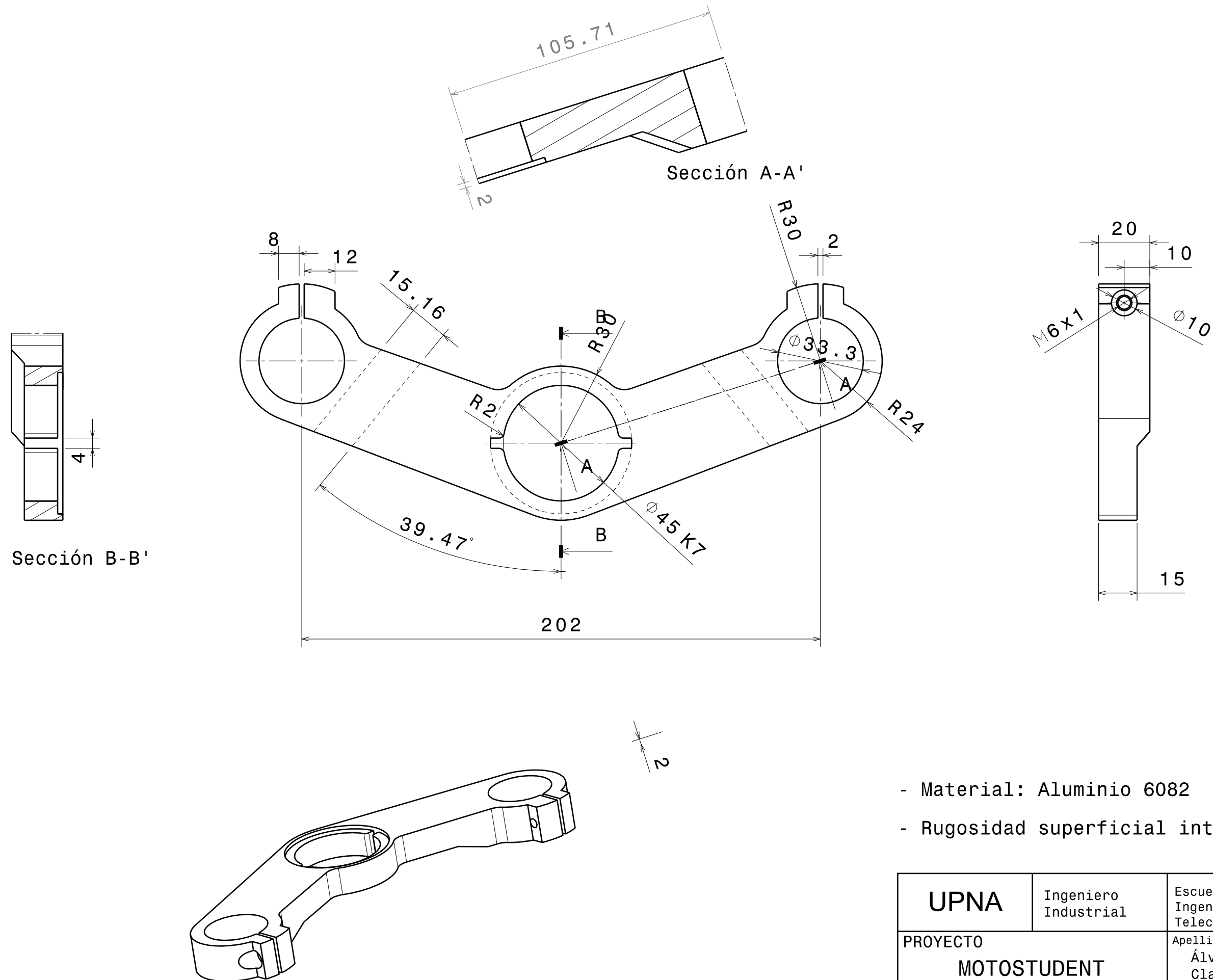
- Material: Acero
- 1 Unidad
- Matar aristas vivas con herramienta de radio 1 mm

UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Rocker		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:1	19/01/2013	12



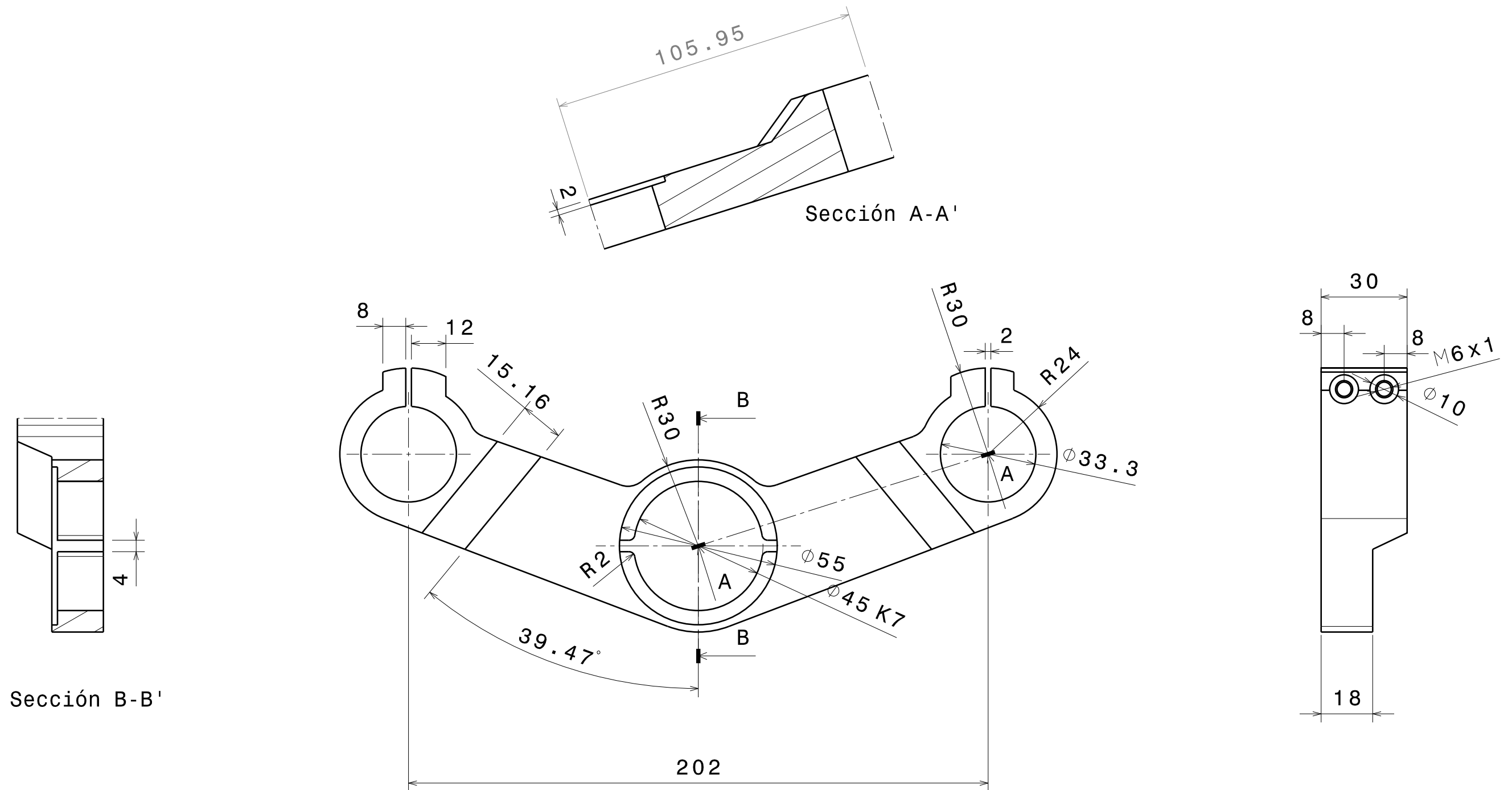
- Material: Acero
- 2 Unidades
- Matar aristas vivas con herramienta de radio 1 mm

UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Link		Escala	Fecha	Nº Plano
		4:5	9/01/2013	13

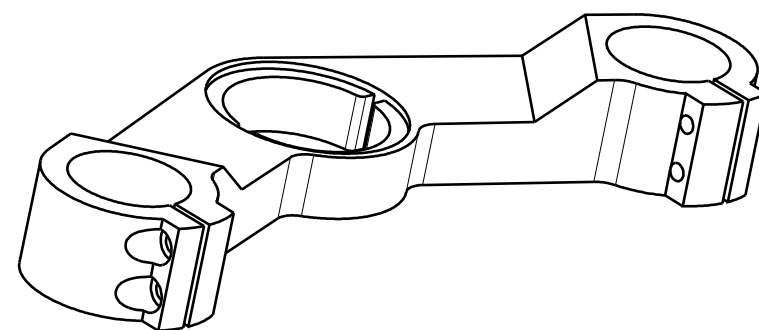


- Material: Aluminio 6082
- Rugosidad superficial interior $Ra=0.8$

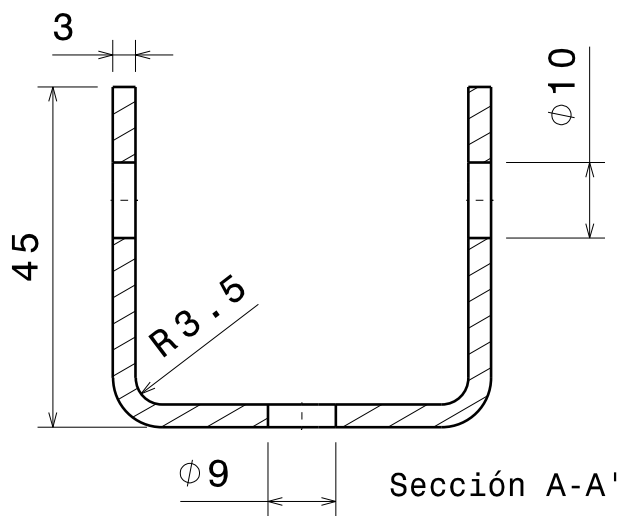
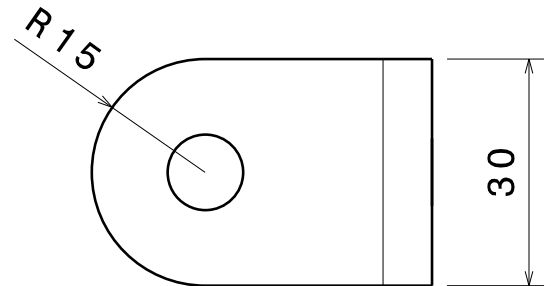
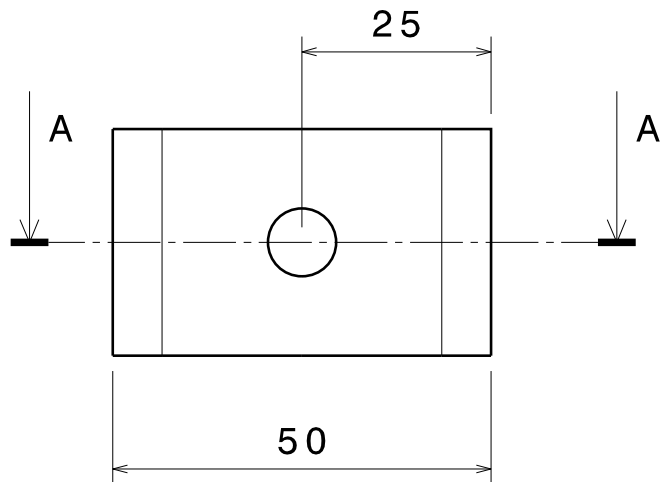
UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Tija superior		Escala	Fecha	Nº Plano
		2:3	19/01/2013	14



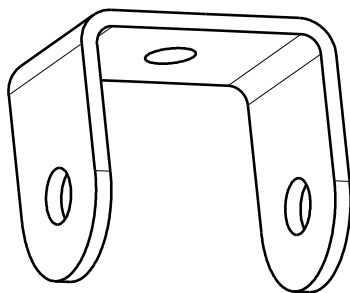
- Material: Aluminio 6082
- Rugosida superficial interior $Ra=0.8$



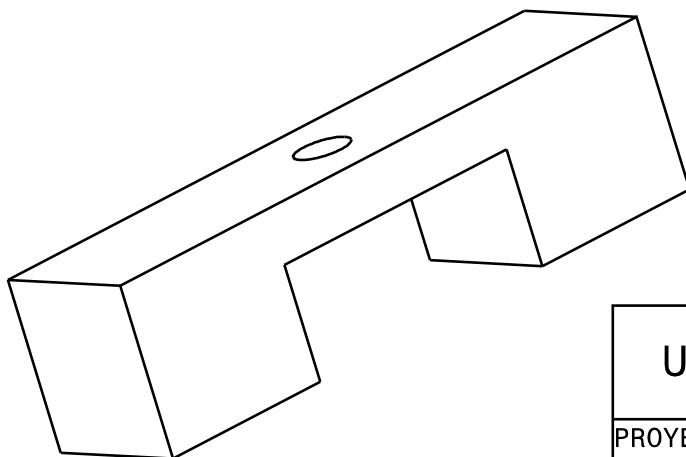
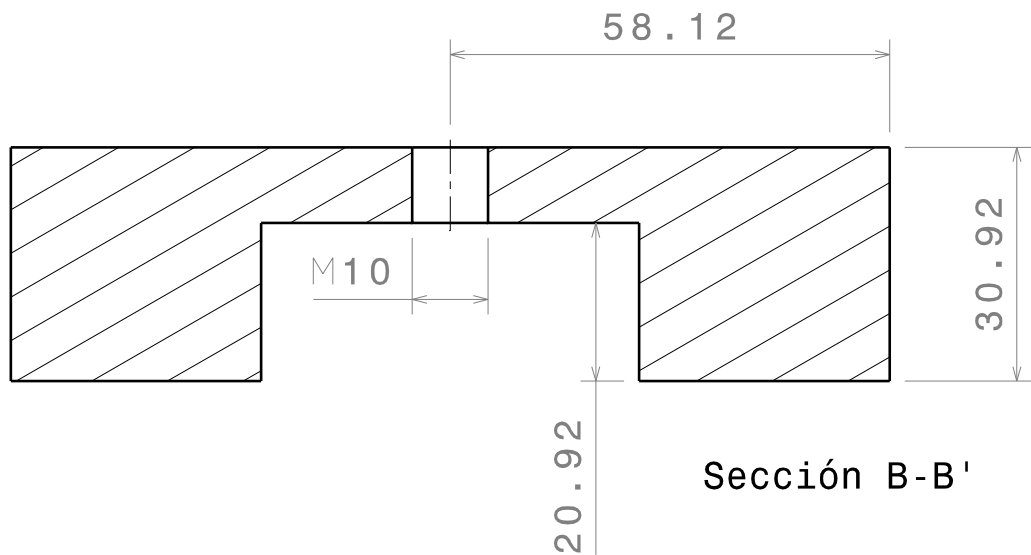
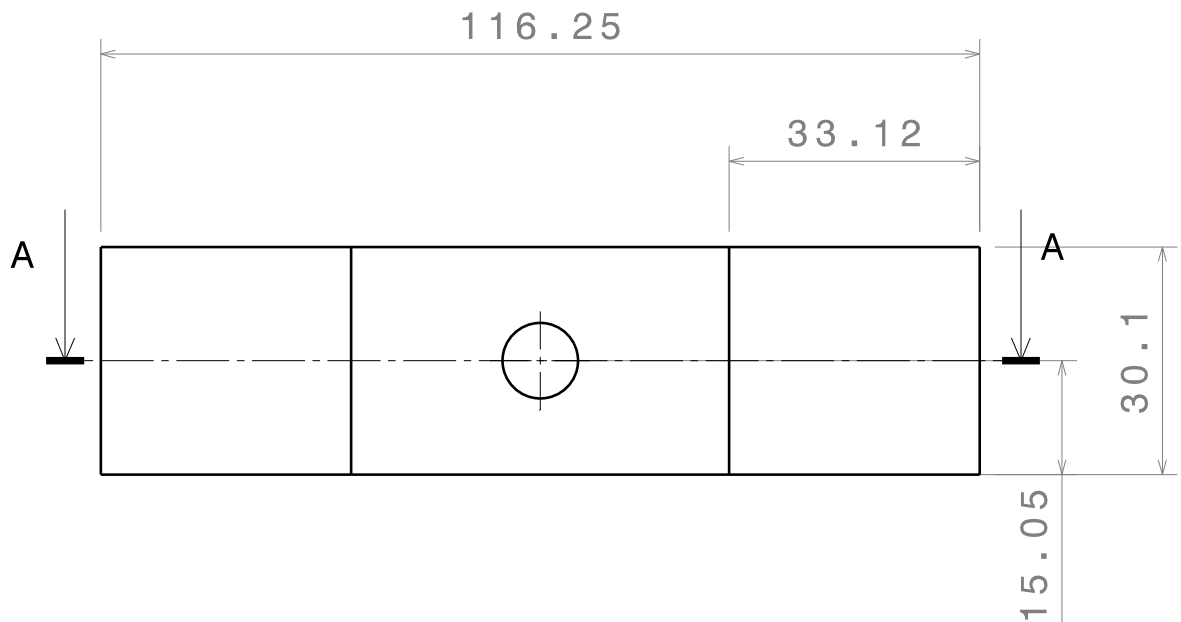
UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Tija inferior		Escala	Fecha	Nº Plano
		2:3	19/01/2013	15



- Material: acero

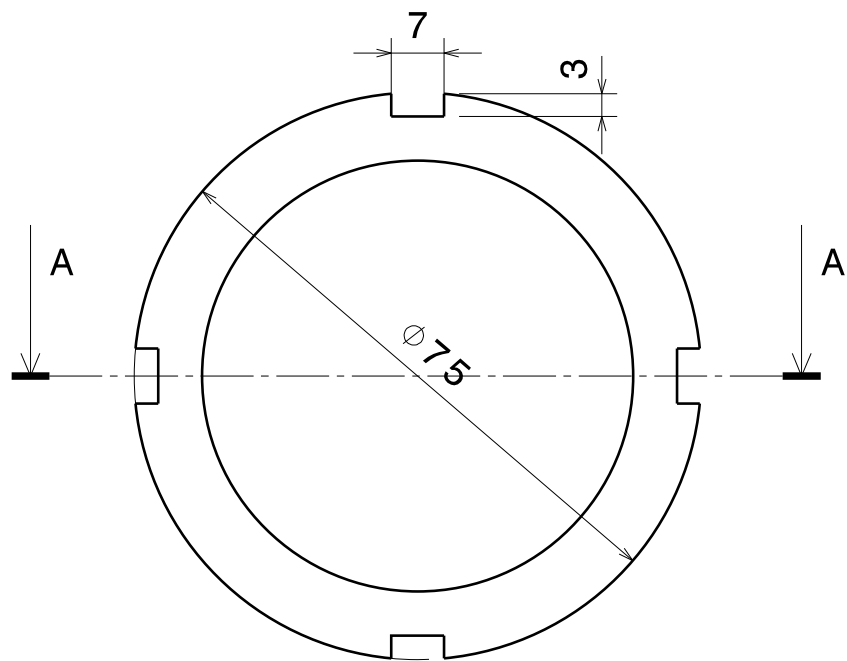


UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO "U" Regulador altura amortiguador		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:1	19/01/2013	16

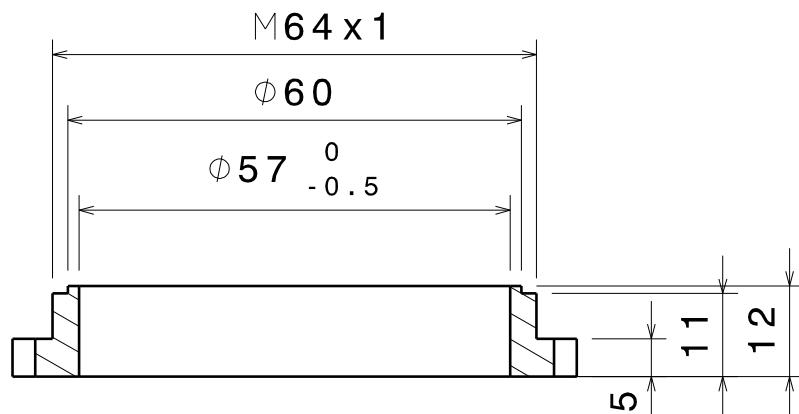


- Material: Acero

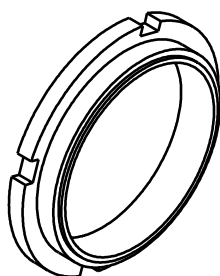
UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Anclaje amortiguador chasis		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:1	19/01/2013	17



Sección A-A'

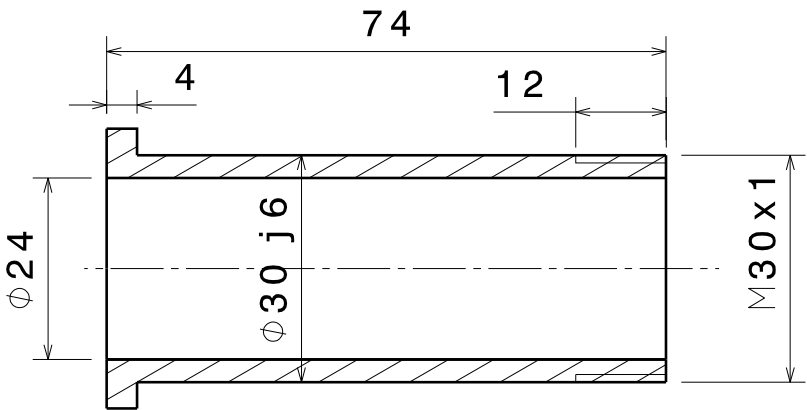
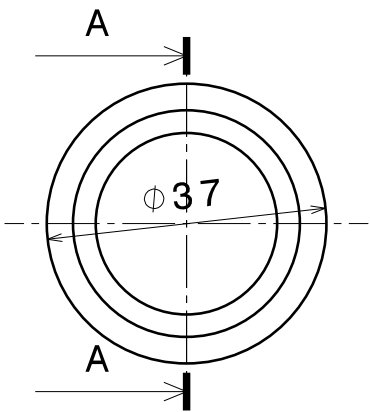


- 2 unidades



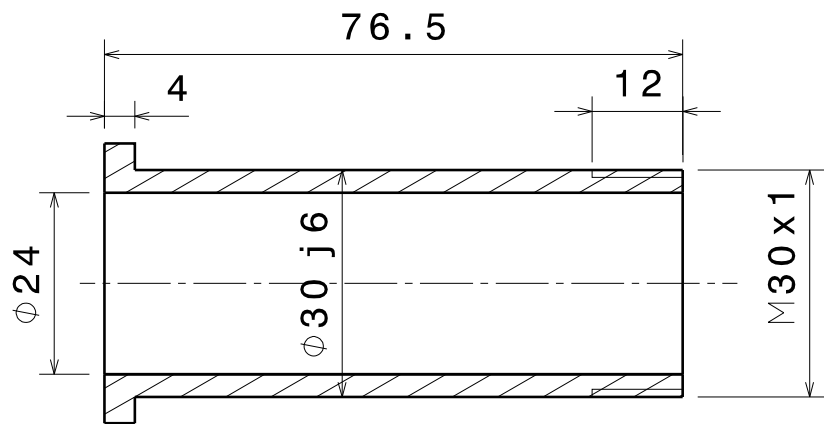
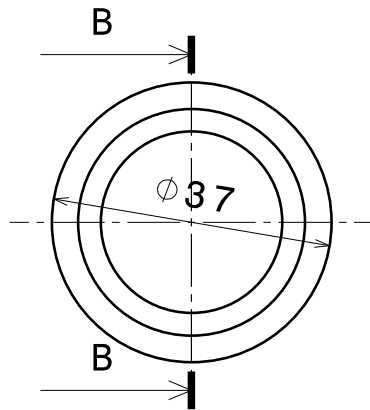
UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Tapa rodamiento dirección		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:1	19/01/2013	18

Semi eje superior



Sección A-A'

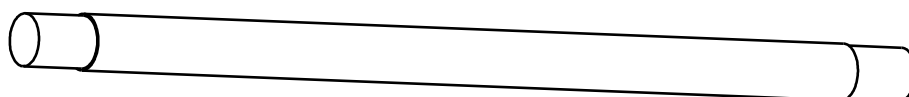
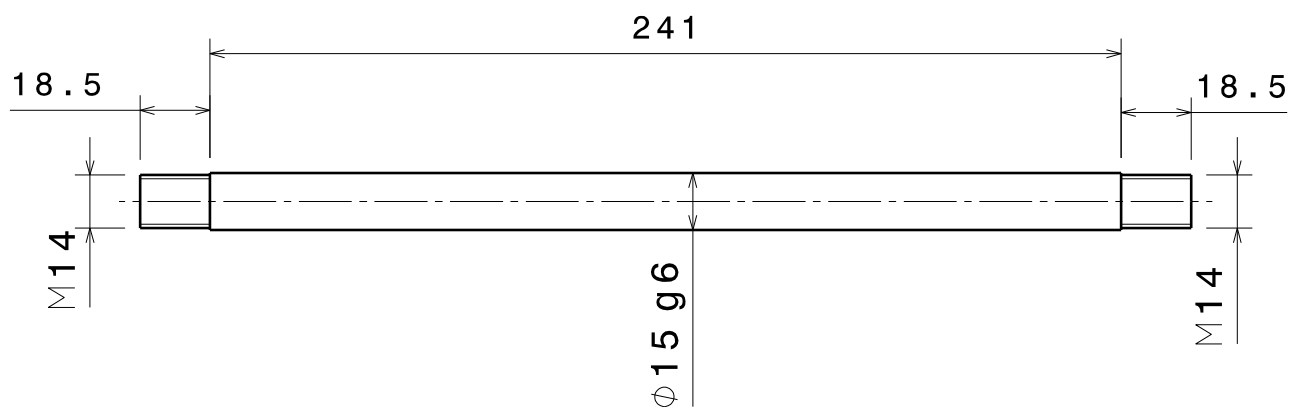
Semi eje inferior



Sección B-B'

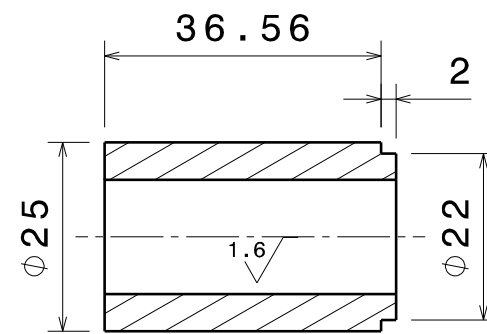
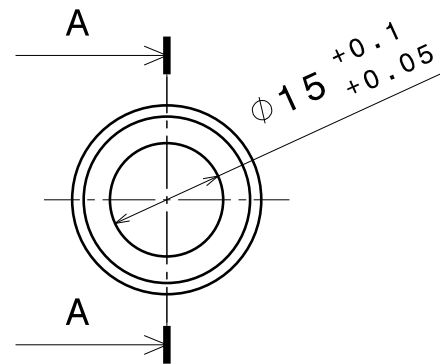
- Material : acero F 125

UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Semi ejes de dirección	Escala	Fecha	Nº Plano	
	1:1	22/01/2013	19	

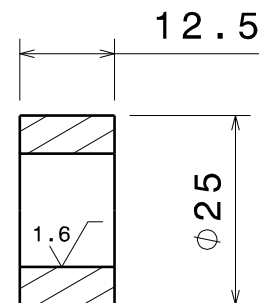
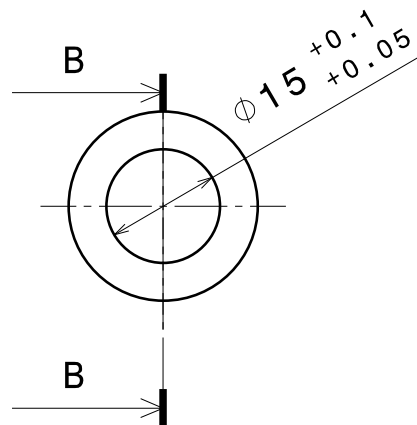
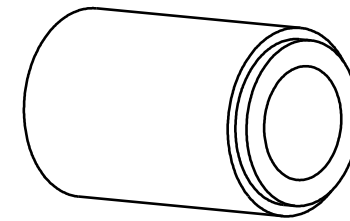


- Material: Acero F-125

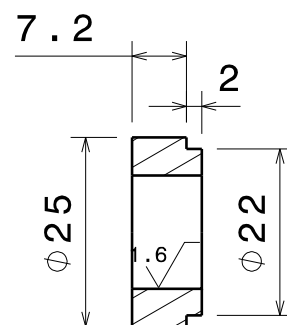
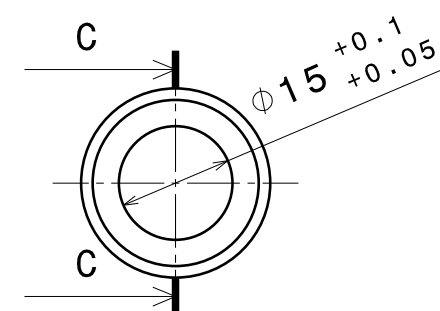
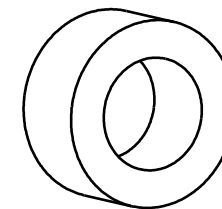
UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Eje rueda delantera	Escala		Fecha	Nº Plano
	1:2		21/01/2013	20



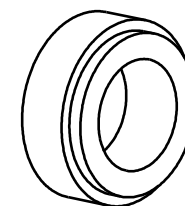
Sección A-A'



Sección B-B'

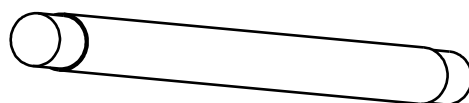
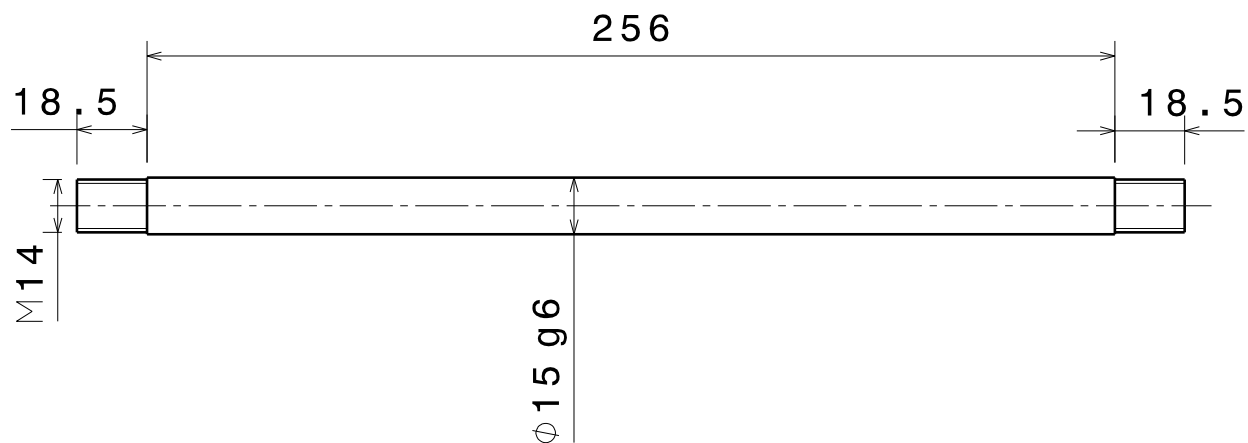


Sección C-C'



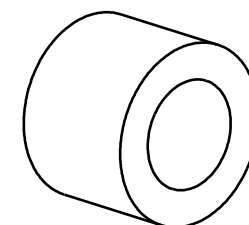
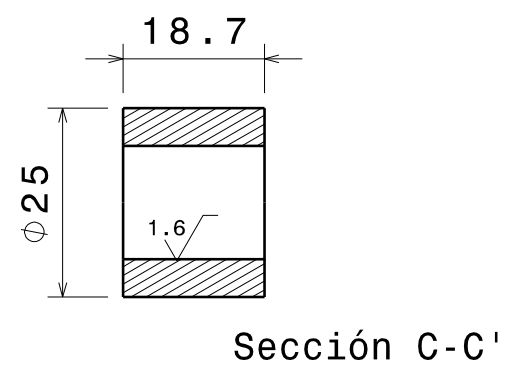
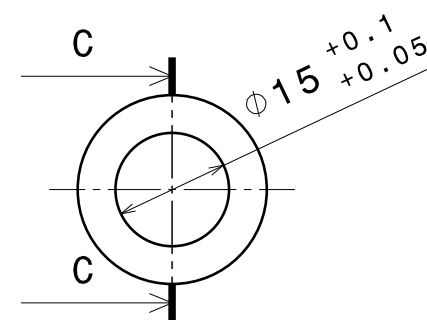
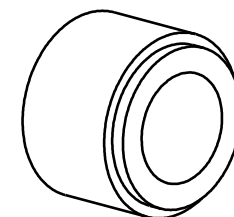
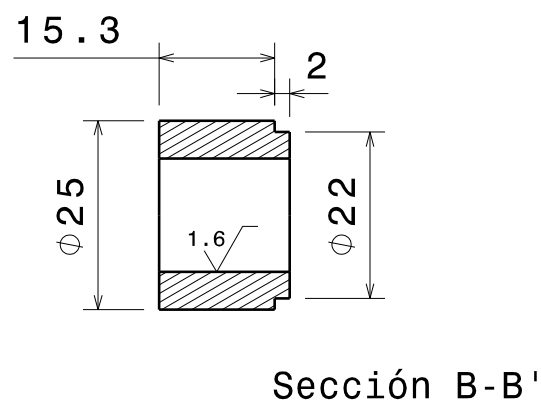
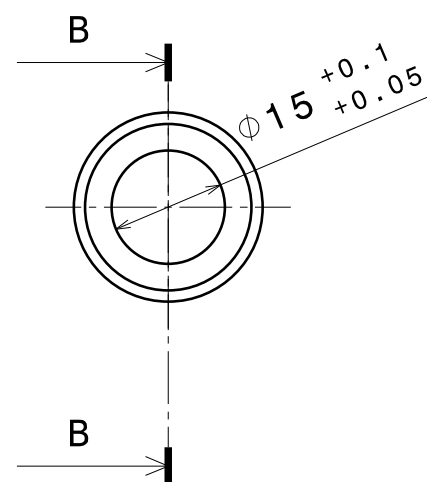
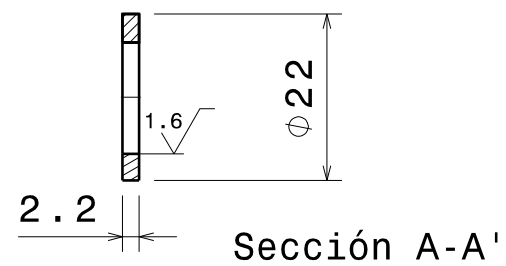
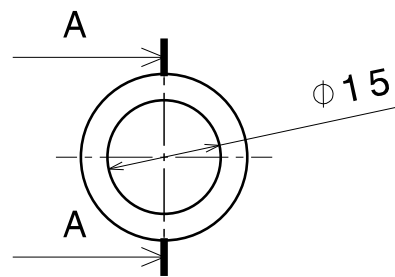
- Material: Acero
- 1 unidad de cada casquillo

UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Casquillos rueda delantera		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:1	21/01/2013	21



- Material: acero F-125
- 1 unidad

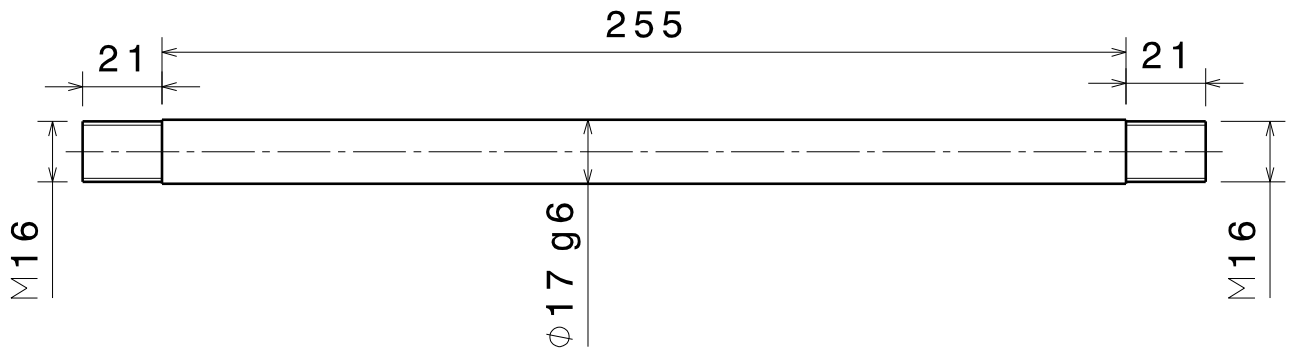
UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Eje rueda trasera		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:2	21/01/2013	22



-Material: Acero
- 1 unidad de cada casquillo

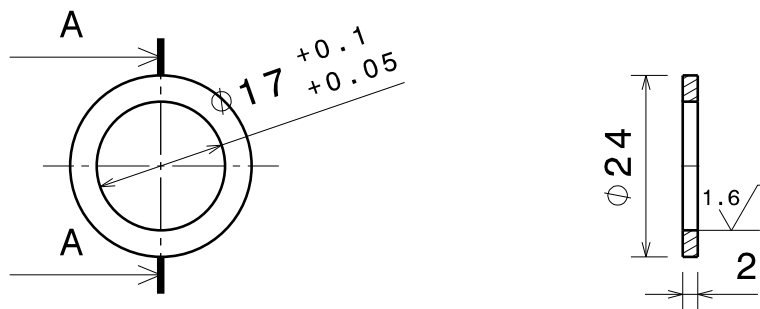
UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Casquillos rueda trasera		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:2	21/01/2013	23

Eje del basculante



Escala 1:2

Casquillo del basculante

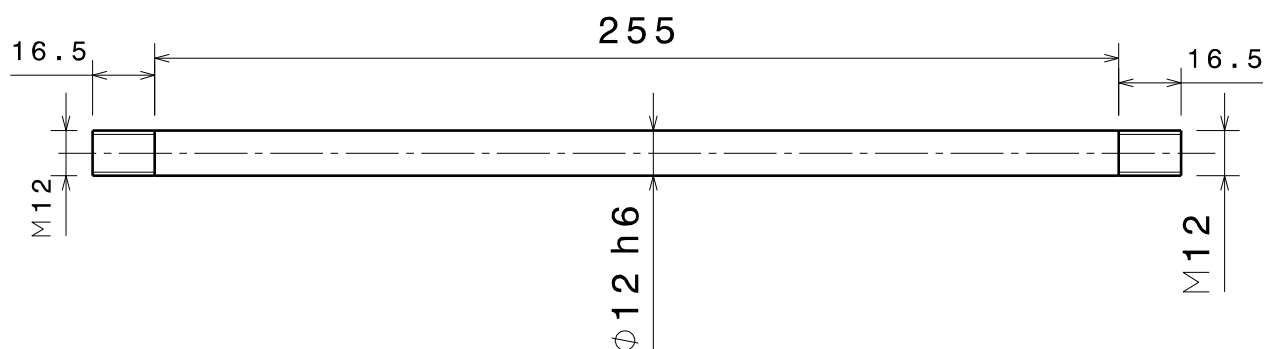


Escala 1:1

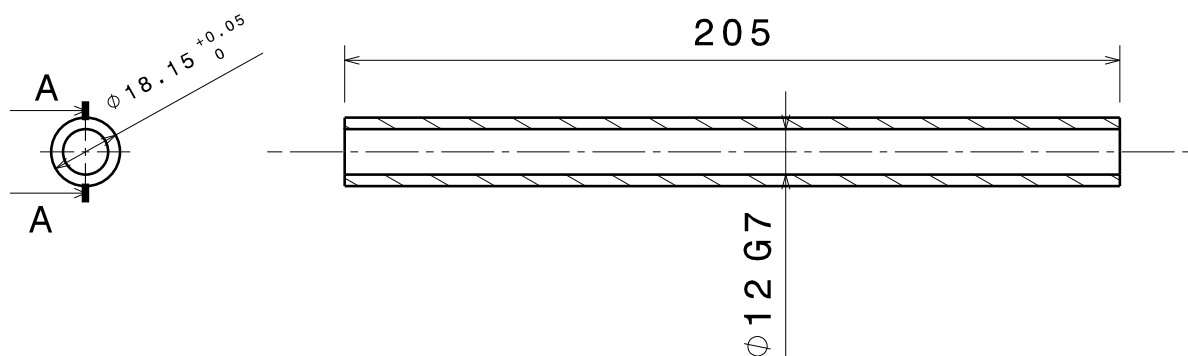
- Material: Acero F125
- 2 unidades del casquillo
- 1 unidad del eje

UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Eje y casquillo del basculante		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:2	21/01/2013	24

Eje del anclaje del motor

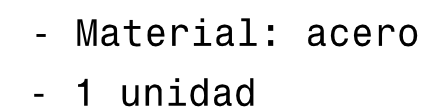
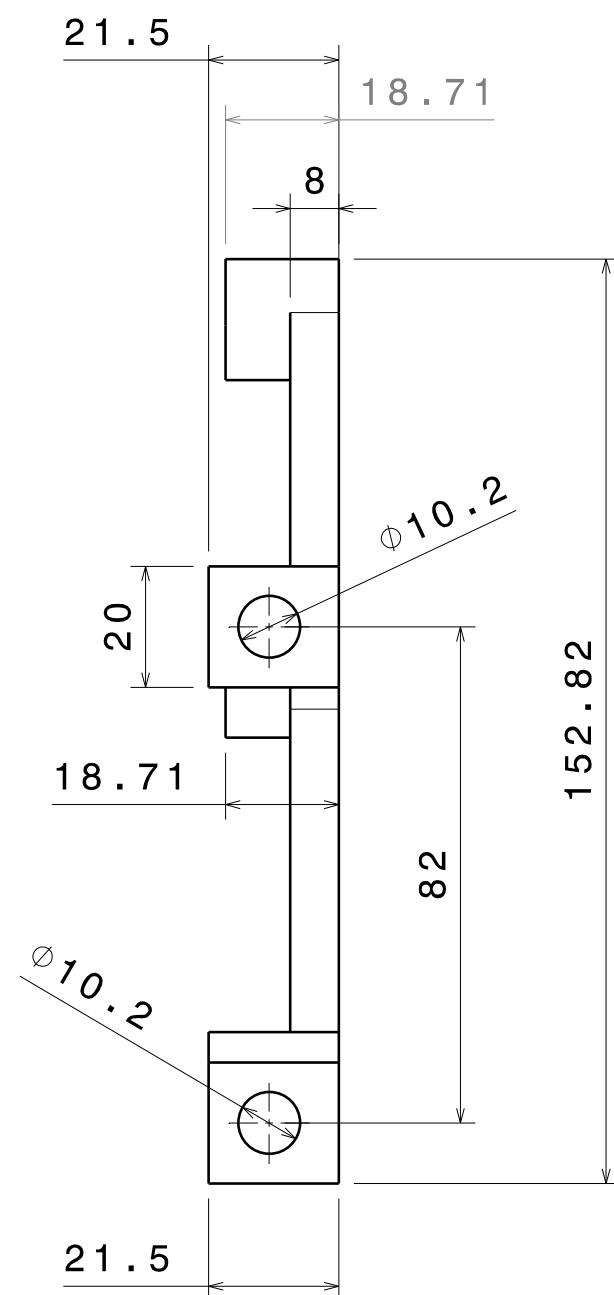


Casquillo del anclaje del motor



- Material: Acero F-125
- 1 unidad de cada pieza

UPNA	Ingeniero Industrial	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones		
PROYECTO MOTOSTUDENT		Apellidos, Nombre Álvarez de Eulate Zayas, Claudia		
PLANO Eje y casquillo del anclaje del motor		Escala	Fecha	Nº Plano
		1:2	21/01/2013	25



upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

